

Propuesta Para Fortalecer El Desarrollo De Habilidades De Pensamiento En Estudiantes  
De Grado Séptimo Desde Un Enfoque Dinámico Sistémico Mediado Por TICC.

Carlos Mauricio Molina García

Trabajo de Grado para Optar al Título de Maestría en Informática para la Educación

Director

Emiliano de Jesús Lince Mercado

Magister en Ingeniería

Codirector

Hugo Hernando Andrade Sosa

Magister en Informática

Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Escuela de Educación

Maestría en Informática para la Educación

Bucaramanga

2022

## **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirme alcanzar este logro, como miembro de tan importante universidad.

A los profesores Hugo Hernando Andrade y Emiliano Lince mercado, por sus orientaciones y apoyado en el desarrollo del proyecto de investigación.

A mi esposa y mi hija por haberme acompañado y apoyado durante todo el proceso de formación.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Agradecimientos .....	2
Resumen.....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1. Planteamiento y Formulación del Problema .....	12
1.1 Análisis y formulación del problema.....	12
1.2 Justificación .....	15
2. Objetivos .....	18
2.1 Objetivo General.....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. Marco Referencial.....	19
3.1 Antecedentes de la Investigación.....	19
3.1.1 Antecedentes Internacionales.....	20
3.1.2 Antecedentes Nacionales .....	24
3.1.3 Comunidades que promueven el desarrollo de la dinámica de sistemas .....	26
3.2 Marco teórico .....	27
3.2.1 Pensamiento sistémico .....	27
3.2.2 Habilidades de pensamiento .....	28
3.2.3 Dinámica de sistemas.....	29
3.2.4 Sistema.....	29

3.2.4.1	Sistema tecnológico. De manera particular los sistemas tecnológicos en el contexto educativo se describen como. ....	30
3.2.5	TICC .....	31
3.2.6	Aprendizaje significativo .....	31
3.2.7	Modelos mentales .....	32
4.	Diseño metodológico .....	33
4.1	Enfoque Metodológico.....	33
4.1.1	Detallar el problema.....	34
4.1.2	Propuesta General para el desarrollo de habilidades de pensamiento .....	39
4.1.3	Contextualización de la propuesta .....	43
4.2	Planeación de la experiencia.....	45
4.3	Instrumentos para recolección de la información .....	50
4.3.1	Instrumentos basados en la observación.....	50
4.3.2	Instrumentos basados en el análisis de los documentos recolectados.....	51
4.4	Análisis de la información .....	51
5.	Análisis de resultados .....	53
5.1	Análisis línea base – prueba de entrada comparada con la prueba de salida.....	53
5.1.1	Habilidades de pensamiento .....	54
5.2	Análisis de las grabaciones, diarios de campo y actividades investigativas.....	58
5.2.1	Habilidades de pensamiento .....	58
5.2.2	Aprendizaje significativo de los sistemas .....	61
5.2.3	Tecnologías de la información, la comunicación y el conocimiento en el MS .....	66
5.2.4	Práctica docente .....	69

6.	Discusión de resultados.....	72
7.	Conclusiones .....	78
8.	Recomendaciones .....	80
	Referencias Bibliográficas .....	82
	Apéndices.....	86
Apéndice A.	Secuencia de aprendizaje .....	86
Apéndice B.	Modelos mentales .....	116
Apéndice C.	Rutina de pensamiento “Antes pensaba – Ahora pienso”.....	117
Apéndice D.	Rúbrica habilidades de pensamiento.....	118
Apéndice E.	Pensamiento Operacional.....	119
Apéndice F.	Línea base prueba de entrada y salida.....	121
Apéndice G.	Diarios de campo de cada una de las sesiones.....	123
Apéndice H.	Administrador de documentos análisis categorial .....	137
Apéndice I.	Códigos de segundo nivel con los documentos de análisis.....	137
Apéndice J.	Modelo de consentimiento informado para padres de familia o acudientes.....	138
Apéndice K.	Transcripción grabación sesión prototipo dos. ....	140

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. ....	19
Tabla 2. ....	38
Tabla 3. ....	86
Tabla 4. ....	87
Tabla 5. ....	88
Tabla 6. ....	90
Tabla 7. ....	92
Tabla 8. ....	115

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. ....	13
Figura 2. ....	33
Figura 3. ....	36
Figura 4. ....	38
Figura 5. ....	45
Figura 6. ....	46
Figura 7. ....	47
Figura 8. ....	48
Figura 9. ....	49
Figura 10. ....	54
Figura 11. ....	55
Figura 12. ....	56
Figura 13. ....	57
Figura 14. ....	58
Figura 15. ....	61
Figura 16. ....	66
Figura 17. ....	69

### Resumen

**Título:** Propuesta para fortalecer el desarrollo de habilidades de pensamiento en estudiantes de grado séptimo desde un enfoque dinámico sistémico mediado por ticc\*

**Autor:** Carlos Mauricio Molina García\*\*

**Palabras Clave:** Pensamiento sistémico, habilidades de pensamiento, modelado y simulación, sistemas tecnológicos, dinámica de sistemas y TICC.

### Descripción:

Esta investigación se propone para construir una propuesta que fortalezca habilidades de pensamiento en los estudiantes, desde el pensamiento sistémico y con dinámica de sistemas. Con el desarrollo de las habilidades de pensamiento se pretende que los educandos puedan construir y reconstruir explicaciones, relacionadas con el comportamiento, tanto cualitativo como cuantitativo en el tiempo, de algunos sistemas tecnológicos del contexto social del estudiante, evidenciando mayor claridad y argumentación en la comprensión de los mismos. Además estudios desarrollados en el ámbito internacional y nacional, han evidenciado que el pensamiento sistémico con su visión integradora del conocimiento, permiten mejorar la madurez del pensar mismo, mediante el modelado y la simulación y otros recursos TICC.

Para el proceso de construcción y evaluación de la propuesta objeto de esta investigación se desarrolló una experiencia con estudiantes de séptimo grado de una institución educativa del municipio de Castilla la Nueva, en el departamento del Meta, mediante el enfoque metodológico de la investigación acción, que permitió la construcción de la propuesta, el diseño de la experiencia, la observación y reflexión de la misma con propósito de evaluación e identificación de recomendaciones para futuras experiencias.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Escuela de Ingeniería de Sistemas, Escuela de Educación, IPRED. Director: Emiliano de Jesús Lince Mercado. Magister en Ingeniería. Codirector: Hugo Hernando Andrade Sosa. Magister en Informática

### Abstract

**Title:** Proposal to strengthen the development of thinking skills in seventh grade students from a dynamic systemic approach mediated by ticc. \*

**Author(s):** Carlos Mauricio Molina García<sup>5</sup>

**Key Words:** Systems thinking, thinking skills, modeling and simulation, technological systems, system dynamics and TICC.

### Description:

This research is proposed to build a proposal that strengthens thinking skills in students, based on systemic thinking and system dynamics. With the development of thinking skills it is intended that students can build and reconstruct explanations related to the behavior, both qualitative and quantitative over time, of some technological systems of the student's social context, showing greater clarity and argumentation in the understanding of them. In addition, studies developed at the international and national level have shown that systemic thinking with its integrative vision of knowledge, allows to improve the maturity of thinking it self, through modeling and simulation and other TICC resources.

For the process of construction and evaluation of the proposal object of this research, an experience was developed with seventh grade students of an educational institution of the municipality of Castilla la Nueva, in the department of Meta, through the methodological approach of action research, which allowed the construction of the proposal, the design of the experience, the observation and reflection of the same with the purpose of evaluation and identification of recommendations for future experiences.

---

\* Degree Work

<sup>5</sup>School of Systems Engineering, School of Education, IPRED. Director: Emiliano de Jesús Lince Mercado. Master in Engineering. Co-director: Hugo Hernando Andrade Sosa. Master in Computer Science

## Introducción

Este trabajo investigativo surgió con el objetivo de dar respuesta a la problemática del bajo nivel de desarrollo de habilidades de pensamiento, producto de las debilidades en los procesos de enseñanza - aprendizaje en algunas instituciones de educación básica y media del país, las cuales centran el proceso en los contenidos y no en habilidades y/o competencias, fomentando en los estudiantes un rol pasivo que no permite el desarrollo de la creatividad, el cuestionamiento, el debate de ideas, disminuyendo la posibilidad de que los estudiantes sean constructores de su propio aprendizaje, que los lleve a una comprensión más profunda de los fenómenos y sistemas de sus entorno.

Teniendo en cuenta lo planteado se generó la siguiente pregunta que orientó el proceso investigativo: ¿Cómo favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento apoyado en TICC, que permitan comprender el comportamiento de algunos sistemas tecnológicos y faciliten la construcción de explicaciones en estudiantes de grado séptimo?, para lo cual se realizó una búsqueda de diferentes referentes que permitieran aportar a la construcción de la propuesta, así como la metodología y los recursos pertinentes para su aplicación.

La propuesta se enfocó entonces en generar una estrategia que permitiera favorecer el desarrollo de tres habilidades de pensamiento (dinámico, operacional y causal), de las siete que propone Barry Richmond, por medio de actividades que se fundan en el modelado y simulación con dinámica de sistemas, así como la experimentación, teniendo en cuenta durante todo el proceso los modelos mentales de los estudiantes y los respectivos cambios que se generaron.

El desarrollo de la experiencia de aplicación estuvo orientado por el enfoque de investigación cualitativa, por medio de la metodología de investigación-acción asumida por el

grupo SIMON, la cual estructura las siguientes fases; una primera fase en donde se identificó la situación problemática, en la segunda fase se realizó el diseño de una propuesta general entono a las habilidades de pensamiento, en la tercera fase se asumió la propuesta general en la institución educativa teniendo en cuenta su contexto, en la cuarta fase se diseñó la experiencia de aplicación para el grado séptimo y en la última fase se desarrolló la experiencia de aplicación, guiado por un proceso constante de observación y reflexión que permitiera determinar los alcances y posibilidades de mejora.

Los resultados obtenidos en este primer ciclo sugieren que es posible dinamizar propuestas que permitan favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes, las cuales tienen gran repercusión en la construcción de los aprendizajes, por medio de estrategias como: el modelado y simulación con dinámica de sistemas, la observación y experimentación directa con los sistemas o fenómenos, el rol mediador del docente y la participación activa del estudiante.

## 1. Planteamiento y Formulación del Problema

### 1.1 Análisis y formulación del problema

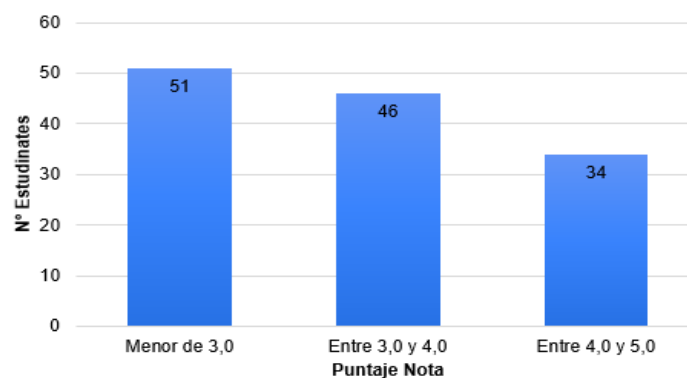
El aprendizaje está inmerso en la realidad de cada uno de los individuos, iniciando en las etapas más tempranas de su existencia hasta llegar a su vejez. Es el que permite que cada individuo pueda tener ciertos comportamientos, tomar decisiones, relacionarse con su entorno, crear, transformar, resolver problemas, adaptarse al medio y ser un sujeto activo. Teniendo en cuenta que el aprendizaje según Schunk (2012) es, “Un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera, el cual es resultado de la práctica o de otras formas de experiencia” (p.17). Las prácticas o experiencias le dan un significado al comportamiento de cada ser humano y estas a su vez generan cambios que son los que reflejan el proceso de aprendizaje. Adicionalmente está relacionado con unas habilidades de pensamiento, las cuales Báez y Onrubia (2016) define como “Rutinas cognitivas existentes y empleadas para facilitar la adquisición y producción del conocimiento; son las destrezas y procesos necesarios para realizar una tarea, además son las facilitadoras del conocimiento al ser las responsables de adquirirlo y recuperarlo para utilizarlo posteriormente” (p.96). En este sentido cuando el estudiante las domina, le facilitan la adquisición de conocimiento, lo cual constituye el insumo necesario para alcanzar el aprendizaje. Una vez adquirido permiten recuperarlo y relacionarlo posteriormente con nuevos conocimientos o experiencias y de esta manera modificar las estructuras mentales, pero además con las destrezas necesarias puede ser capaz de resolver diferentes situaciones. Lo anterior indica que el desarrollo de las habilidades de pensamiento es un factor de gran relevancia en los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Estas se pueden abordar desde diferentes especialidades, como en el caso del pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas, las cuales permiten potenciar

dichas habilidades, así como lo afirma Richmond (1997) “el pensamiento sistémico y el conjunto de siete habilidades de pensamiento crítico, juegan un papel importante en la mejora de la calidad de nuestro pensamiento” (p.1). De esta manera en la medida en que mejoren las habilidades de pensamiento, mejoran las destrezas y procesos mentales, que son los encargados de ejecutar cada una de las tareas relacionadas con los procesos de aprendizaje. En este mismo sentido en la medida en que exista un grado mínimo en el desarrollo de las habilidades, los educandos tendrán menos destrezas que les permita afrontar los retos académicos que se les presente, como por ejemplo pruebas escritas, ejercicios de exposición, debates, solución de problemas y demás actividades dentro y fuera del aula.

Los estudiantes de una institución educativa de Castilla la Nueva (Meta) presentan dificultades que se ven reflejadas en los procesos de aprendizaje respecto a algunas habilidades como describir, relacionar, analizar, inferir, deducir y concluir.

### Figura 1.

*Puntajes obtenidos por estudiantes de séptimo en pruebas internas*



*Nota:* El gráfico representa los puntajes obtenidos por los estudiantes de grado séptimo en pruebas diagnósticas internas realizadas a inicio del año escolar 2021 en el área de tecnología e informática.

Un ejemplo de ello son los resultados obtenidos en pruebas internas realizadas a un grupo de 131 estudiantes, allí se pudo evidenciar un promedio de rendimiento de 3.2 sobre una puntuación máxima de 5.0, en la asignatura de tecnología e informática, lo cual se acerca a un desempeño básico.

Al revisar exposiciones sobre máquinas simples y compuestas, por medio de videos elaborados por los estudiantes, se encuentran dificultades como: las explicaciones no son claras teniendo en cuenta las partes que lo conforman y cómo éstas generan cambios, la descripción de las posibles entradas y salidas no representan el sistema, los estudiantes recitan información de la web y no lo relacionan como algo que ellos ya conocen o tienen alguna idea previa. En el desarrollo de guías cuando se les plantean nuevos ejercicios encuentran limitaciones para describir su funcionamiento, al momento de pedir alguna representación por medio de los datos y gráficas, estas no reflejan de forma adecuada el comportamiento del mismo y por ende las interpretaciones que dan son poco comprensibles. Estas falencias indican entonces la necesidad de fortalecer las habilidades de pensamiento como la de describir y relacionar los elementos del sistema, comprender las relaciones y la forma en que influyen en el mismo, interpretar los cambios que se generan a través del tiempo. También comparar, inferir y analizar el comportamiento del sistema, así como las relaciones de realimentación para poder predecir su desempeño basado en un modelo que lo describa.

Por lo anterior se propone la siguiente pregunta de investigación:

*¿Cómo favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento apoyado en TICC, que permitan comprender el comportamiento de algunos sistemas tecnológicos y faciliten la construcción de explicaciones en estudiantes de grado séptimo?*

## 1.2 Justificación

La investigación propuesta busca ayudar a fortalecer el desarrollo de algunas habilidades de pensamiento, mediante el modelado y simulación con dinámica de sistemas, el proceso se rige por la metodología planteada por el grupo SIMON con enfoque de la investigación - acción aplicada a un contexto escolar. Para ello es necesario reconocer el papel que tiene el conocimiento tecnológico en la formación de los educandos.

Basado en los lineamientos que establece el MEN (Ministerio de Educación Nacional) para el área de tecnología e informática, en especial el sentido y los alcances que pretende la alfabetización en tecnología, uno de ellos consiste en

Tener en cuenta que la alfabetización tecnológica comprende tres dimensiones interdependientes: el conocimiento, las formas de pensar y la capacidad para actuar. La meta de la alfabetización tecnológica es proveer a las personas de herramientas para participar asertivamente en su entorno de manera fundamentada (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2008, p.12).

Para la cual es pertinente que en la práctica pedagógica se pueda pensar no solo en el uso y apropiación de la tecnología sino además, relacionar la tecnología con el conocimiento que se deriva de esta, que permita comprender su estructura y de esta se pueda deducir su funcionamiento. También implica pensar de manera crítica en ella determinando ventajas y desventajas, así como posibilidades de mejora e innovación y no menos importante actuar de forma consecuente para darle una aplicación contextualizada apropiada a la misma, reconociendo limitaciones e implicaciones en el entorno. Estos elementos son relevantes en la formación y por ello se hace necesario fortalecer las habilidades de pensamiento en los estudiantes de grado séptimo con los

procesos adecuados que les permita comprender el comportamiento de los sistemas tecnológicos en el tiempo y mejorar su aprendizaje.

La dinámica de sistemas y en general el pensamiento sistémico es una herramienta muy importante para comprender cómo funcionan realmente las cosas, en este sentido

El paradigma del pensamiento sistémico, cuando se combina con el proceso de aprendizaje dirigido por el alumno, hará que los estudiantes tengan hambre de comprender cómo funcionan realmente las cosas y que busquen continuamente cómo podría cambiar este funcionamiento a lo largo del tiempo como consecuencia de los cambios en las fuerzas relativas de las relaciones dinámicas subyacentes (Richmond, 1993, p.118).

Esto hace posible que el estudiante identifique los sistemas tecnológicos, participe de la construcción, lea e interprete las representaciones que se hagan y posterior a ello use herramientas de simulación para reproducir las dinámicas asociadas a su comportamiento. Pero también como lo plantea Richmond, permite generar la autonomía en el estudiante para que este sea partícipe y autor del proceso de construcción de su propio aprendizaje, lo cual es relevante en el contexto actual de la educación y de la sociedad, generando la motivación, autonomía, capacidad de trabajar en equipo, de ser crítico y reflexivo sobre la forma de comprender y elaborar explicaciones.

Estas explicaciones se nutren con el fortalecimiento de las habilidades de pensamiento en los estudiantes de grado séptimo. En el marco del pensamiento sistémico se identifican siete habilidades de pensamiento (dinámico, ciclo cerrado, genérico, estructural, operacional, continuo y científico), las cuales en conjunto permiten comprender la dinámica generada por el sistema y las relaciones allí presentes. De manera particular el pensamiento operacional según Richmond (1993), afirma que “Pensar operacionalmente significa pensar en términos de cómo funcionan realmente las cosas, no en cómo funcionan teóricamente, o como se podría crear un poco de álgebra

capaz de generar resultados de aspecto realista” (p.127). Lo cual en el caso del área de tecnología e informática es relevante porque las explicaciones que elaboren los estudiantes no deberían basarse únicamente en representaciones matemáticas (fórmulas) o en desarrollar cierta cantidad de ejercicios teóricos que busquen justificar un comportamiento, sino más bien la descripción de ese comportamiento basado en la estructura, teniendo en cuenta que los sistemas tecnológicos están conformados por diferentes componentes que cuando actúan de forma conjunta les permite ejecutar tareas concretas.

Con el desarrollo de esta propuesta se espera que los estudiantes puedan fortalecer habilidades, como la del pensamiento dinámico que les permita, como lo indica Richmond (1993), comprender como algunos sistemas de su entorno están interrelacionados, interdependientes y dinámicos; por medio de la participación en la construcción, lectura y simulación de modelos sencillos, así como mejorar la habilidad de lectura de gráficas que describan un comportamiento. Además que pueda reconfigurar sus modelos mentales que lo lleven a construir explicaciones más estructuradas, coherentes y argumentadas. Esto ayudará a generar un proceso de aprendizaje con la participación activa del estudiante, fortaleciendo el trabajo en equipo, el cuestionamiento y de esta manera mejorar el desempeño en la asignatura. A nivel educativo permitirá tener una propuesta que se ajuste al contexto institucional, fundamentada en las políticas educativas y que aborda las virtudes del modelado y simulación, así como la posibilidad de una posterior integración con otras áreas de conocimiento o proyectos institucionales.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta con dinámica de sistemas y sus recursos TICC asociados, para favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento sistémico propuestas por Barry Richmond, que facilitan explicar el comportamiento cualitativo y cuantitativo de los sistemas tecnológicos en el tiempo, por los estudiantes de grado séptimo.

### 2.2 Objetivos Específicos

Formular una primera propuesta (“propuesta general”) con los lineamientos pedagógicos y didácticos que faciliten el desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes mediante el modelado y simulación con dinámica de sistemas y otros recursos TICC.

Construir una propuesta institucional basada en los planteamientos de la general, para ser asumida en este contexto y facilitar su aplicación con el grupo de estudiantes seleccionado.

Diseñar una experiencia de aplicación de la propuesta institucional, a partir de un diagnóstico del grado de madurez de habilidades de pensamiento, seleccionando los mecanismos de observación y registro, los modelos de simulación y otros recursos necesarios para su aplicación y la secuencia didáctica asociada.

Implementar la experiencia diseñada, observando, registrando y reflexionando para identificar los aportes que faciliten la evaluación de la propuesta y la experiencia misma, con propósito de mejoramiento.

### 3. Marco Referencial

#### 3.1 Antecedentes de la Investigación

Para realizar la búsqueda de los antecedentes relacionados con el presente estudio se toman como referencia algunas bases de datos, las consultas realizadas se describen como se muestra a continuación.

**Tabla 1.**

*Claves de búsqueda en bases de datos.*

Fuentes	Palabras claves	Cantidad de resultados	Filtro 1	Filtro 2
Google Académico	“Habilidades de pensamiento” y “dinámica de sistemas”	95	4	1
Google Académico	(“thinking system” OR "system dynamic") AND "thinking skills" AND "education"	907	6	4
Bases de datos UIS	(“thinking skills”) AND (“system dynamic” OR “thinking system”) AND (“education”)	384	2	2

Con los resultados obtenidos de la búsqueda, se aplica un primer filtro para determinar los documentos que realizan aportes a la propuesta, los criterios se describen a continuación:

- Relación entre el pensamiento sistémico, dinámica de sistemas y las habilidades de pensamiento.
- Propuestas y planteamientos orientadas al ámbito educativo principalmente enfocados en estudiantes de bachillerato y formación inicial de pregrado.
- Investigaciones que proponen la aplicación del pensamiento sistémico con modelos de simulación enfocado en fortalecer las explicaciones de los estudiantes.
- La fecha de publicación de los estudios o planteamientos, no superior a 20 años.

- Aplicaciones de las tecnologías en las propuestas orientadas a la comprensión de fenómenos o situaciones.

A los doce (12) antecedentes obtenidos en el filtro uno, cinco (5) de estos documentos no son considerados (filtro 2) antecedentes pertinentes de manera directa para esta investigación; sin embargo, los documentos no asumidos podrían ser considerados si se amplía el rango de edades de la experiencia a desarrollar.

Un primer estudio Amestoy (2002), de los no asumidos se enfoca en el modelado matemático de sistemas informáticos en estudiantes de últimos semestres de ingeniería. En el estudio de (Orgill et al. ,2019) se mencionan las virtudes y habilidades del pensamiento sistémico que pueden ser abordadas en la enseñanza de la química. En (Feriver et al. ,2019) se busca conceptualizar y evaluar habilidades de pensamiento sistémico en estudiantes de pre-escolar (4 - 6 años). En Groff (2013) se explora la dinámica del sistema educativo de E.E.U.U, mediante un modelo de dinámica de sistemas y un último estudio de Uehara (2020) se centra en determinar la capacidad que tienen estudiantes de primaria para identificar los residuos plástico marinos como un problema sistémico, por medio de una encuesta.

### ***3.1.1 Antecedentes Internacionales***

Haciendo la revisión de los diferentes aportes del pensamiento sistémico y el enfoque dinámico sistémico, se encuentra el documento de Arnold & Wade (2017), en el cual los autores realizan una investigación acerca de las habilidades que se utilizan en el pensamiento sistémico y la forma como se puede medir la madurez de cada una. Las habilidades de pensamiento que proponen los autores se organizan en 4 principios o dominios, cada dominio tiene un conjunto de habilidades sistémicas y cada habilidad tiene grados de asimilación que inicia en un nivel bajo de madurez, el cual se puede modificar a medida que se adquiere experiencia, hasta llegar a un nivel

alto de madurez. Este documento permite identificar las habilidades sistémicas que deben usar los pensadores, que como lo menciona el documento, se aplican en diferentes contextos como el educativo. Es por ello que algunas de estas habilidades se pueden aplicar para la experiencia a desarrollar con los estudiantes de grado séptimo, por medio de la simulación como una forma de generar procesos de aprendizaje. Un segundo referente es la investigación de Raved & Yarden (2014) donde se abordan las habilidades de pensamiento sistémico, basado en un conjunto de habilidades establecidas por las autoras que les permitan a los estudiantes comprender los conceptos y las relaciones que determinan el funcionamiento del sistema circulatorio y basado en ello tomar decisiones a futuro sobre su salud. Los aportes están orientados respecto al instrumento utilizado para evidenciar el progreso de los educandos, de manera particular por medio de mapas conceptuales que incluyen conceptos, relaciones y los diferentes niveles de relaciones que los educandos establecen.

En la investigación de (Gilbert et al. ,2019) acerca del desarrollo de habilidades pensamiento relacionada con la forma de abordar sistemas complejos relacionados con ciencias de la tierra y el clima, los autores desarrollan un módulo en el cual se abordan de forma gradual las habilidades de pensamiento sistémico que les permita explicar diferentes sistemas. Los resultados evidenciaron que los estudiantes mostraban habilidades para explicar los cambios en el sistema. Los aportes están orientados a la metodología usada para que los estudiantes fueran incorporando las habilidades sistémicas de forma gradual y la manera de evaluar dicho progreso.

La dinámica de sistemas tiene algunas virtudes que se aplican a la educación, una de ellas es el modelado. En la propuesta de (Martín et al. ,2009), sobre una simulación para interpretar el calentamiento global del planeta, combinada con el aprendizaje basado en problemas (ABP), permiten construir explicaciones científicas en estudiantes de primeros semestres de física

universitaria. La propuesta se centra en poder vincular los conceptos desarrollados en la clase, con el contexto real de una problemática como lo es el calentamiento global, para elaborar dichas explicaciones se basa en habilidades requeridas en la resolución de problemas, tales como formular preguntas de investigación, proponer hipótesis, planear experimentos o sacar conclusiones. Esta investigación es significativa puesto que en ella se identifican algunos procedimientos necesarios para construir modelos, como el planteamiento de interrogantes, identificar variables y relaciones entre las mismas que estructuran el modelo. En cuanto a la metodología de aprendizaje basado en problemas resulta relevante puesto que como lo afirma (Martín et al. ,2009), permite el desarrollo del pensamiento de orden superior como: analizar, sintetizar, evaluar, argumentar, hacer comparaciones, resolver problemas no algorítmicos complejos, trabajar con controversias e identificar suposiciones no evidentes. Aspectos muy importantes al momento de trabajar con modelos para poder comprenderlos y explicarlos, así como predecir su comportamiento y establecer acciones concretas para modificarlos.

En la investigación de Assaraf & Orion (2005) se hace una revisión de algunas virtudes del pensamiento sistémico en el campo educativo, de manera especial en la comprensión de fenómenos relacionados con sistemas complejos como el ciclo del agua y el ciclo de las rocas. Los investigadores resaltan ocho características del pensamiento sistémico en la educación y lo contextualizan al sistema del hidrociclo. Los resultados de la investigación demostraron a nivel general que los estudiantes fortalecieron sus habilidades sistémicas y los clasificaron en cuatro grupos, según el desarrollo alcanzado. Los aportes consisten en cuatro aspectos que consideran permiten el desarrollo del pensamiento sistémico: el primero es una inducción a los estudiantes de primaria en el pensamiento sistémico para un mejor desarrollo del mismo en niveles de secundaria, el segundo consiste en centrar el aprendizaje en la investigación, el tercero consiste en usar el

entorno para el aprendizaje, así como la construcción de un modelo de un sistema natural y el cuarto consiste en hacer uso de actividades de integración a lo largo del proceso de aprendizaje (entorno natural, laboratorio y aula de clases).

En la investigación de Hasret & Nuhoglu (2007) se resalta el papel de la simulación como una expresión y una forma de fortalecer los modelos mentales. Otro elemento importante es la experimentación usando modelos de simulación los cuales permiten fortalecer el proceso de aprendizaje, micromundos (Mundo pequeños que se pueden simular). Con estas simulaciones es posible que los estudiantes comprendan que un sistema puede tener múltiples causas y efectos.

En los resultados de la investigación se determinó que los estudiantes de grado séptimo desarrollaron algunas habilidades como la identificación de causas y efectos, la resolución de problemas, así como el dibujo y análisis de gráficos. Para los investigadores un entorno de aprendizaje con dinámica de sistemas ideal incluiría la discusión de un tema, la investigación dirigida por los estudiantes, la experimentación en el laboratorio, la construcción y exploración de modelos y la simulación por ordenador para verificar la relación entre el comportamiento del modelo y las observaciones experimentales.

Los juegos pueden ser una herramienta muy interesante para el desarrollo de habilidades de pensamiento necesarias para comprender la estructura interna causal de un sistema complejo, cuando este lo representa, como el caso de la investigación de Kim & Pavlov (2016), quienes sugieren una metodología para ser abordada. Algunas actividades propuestas son: analizar el juego, idear estrategias, construir diagramas causales, construir el modelo, validar el modelo y probar la estrategia entre otros. Los resultados de la aplicación evidencian un desarrollo de las habilidades, aunque con algunas limitaciones como por ejemplo la dificultad de los educandos para comprender plenamente el comportamiento del sistema.

En la investigación de (Dorani et al. ,2015) describe un modelo para la evaluación de seis (6) habilidades de pensamiento propuestas por Richmond, por medio de un conjunto de preguntas en donde se encuentra un escenario, el cual hace que cada una de las habilidades se pueda evaluar de manera independiente a las demás y también una estructura que detalla el escenario y el modelo dinámico que describe el comportamiento. En la investigación se describen las seis habilidades de pensamiento, así como el objetivo de cada una. Una vez definida cada habilidad, se plantea un ejemplo de pregunta y el respectivo ejemplo de respuesta. Para que de esta manera modificando tanto el contexto como los elementos del modelo dinámico, se puedan formular otras preguntas que se ajusten a las necesidades particulares.

### **3.1.2 Antecedentes Nacionales**

En la investigación de (Chaparro et al. ,2006), se desarrolla una experiencia con estudiantes de dos niveles de formación académica, bachillerato y universidad (pregrado y postgrado). Parten de una situación problema, ¿cómo hacer un paracaídas?, para responder a dicho interrogante, los investigadores con el apoyo de docentes, plantean esta pregunta a cada grupo de estudiantes y por medio del paradigma sistémico usando algunas habilidades como pensamiento en términos de modelo, interrelacionado, dinámico y dirigido; buscan que los educandos construyan una explicación del fenómeno físico de caída libre del paracaídas. Los aportes, están encaminados por un lado hacia la dinámica de sistemas, por medio de algunas habilidades de pensamiento que ya se mencionaron y que según los investigadores consideran relevantes para poder construir el respectivo modelo del paracaídas y la correspondiente explicación del mismo. Un segundo elemento hace referencia al campo de aplicación del pensamiento sistémico en estudiantes de educación básica, por medio del trabajo en equipo.

Uno de los tipos de pensamiento a los cuáles se enfoca el pensamiento sistémico es el crítico, en Cascante y Mejía (2007) este se aborda con estudiantes de pregrado de la Universidad de los Andes. El objetivo principal de la investigación es poder desarrollar habilidades de pensamiento crítico por medio de actividades dirigidas al modelado. La estrategia pedagógica usada consiste en generar conversaciones entre docente y alumnos, trabajos en clase y un proyecto de aplicación a una problemática real. Como aporte al presente estudio, se resalta la estrategia utilizada por medio de actividades que buscan que el estudiante pueda desarrollar y expresar esas habilidades de pensamiento crítico, como por ejemplo el diálogo entre docentes y estudiantes, actividades para identificar y tomar decisiones referentes a una situación particular y la capacidad para resolver problemas. También se resaltan los enfoques que le dan al pensamiento crítico, bajo la mirada de la capacidad para argumentar y exponer ideas de forma clara, capacidad para resolver problemas ajustados a condiciones específicas y la capacidad para generar una postura crítica acerca de las acciones que realiza, así como su beneficio para la sociedad.

En la propuesta educativa de (Villabona et al. ,2020) para abordar la cultura del uso eficiente de la energía eléctrica en los estudiantes de educación media, teniendo en cuenta el impacto que generan las centrales termoeléctricas en el calentamiento global, con el uso de combustibles fósiles y los gases de efecto invernadero que emiten. Los aportes de este estudio están orientados hacia las actividades propuestas que se desarrollan en el proyecto para generar la cultura del uso eficiente de la energía eléctrica, por medio del modelado y simulación con dinámica de sistemas y la metodología de investigación-acción.

En el documento de Andrade y Parra (1998) se plantea un modelo educativo que integra el paradigma dinámico sistémico (PS), el enfoque constructivista (EC) y la dinámica de sistemas (DS), cada uno con sus virtudes. El modelo se caracteriza por centrarse en la construcción del

aprendizaje, a diferencia del modelo de muchas escuelas centrados en los contenidos, por ello se enfoca en el desarrollo del pensamiento, que el mismo paradigma del pensamiento sistémico define 7 Formas de pensar (habilidades) (estructural, dinámico, genérico, operacional, operacional, científico, continuo).

Con el desarrollo de este modelo se proponen unos roles característicos tanto para el docente, como para el estudiante. También se definen características del proceso educativo, que permitan a los estudiantes ser parte activa del mismo y faciliten su construcción de conocimiento. En esta propuesta de modelo educativo, la dinámica de sistemas cumple un papel determinante, puesto que por medio de sus virtudes permiten que los estudiantes puedan comprender los fenómenos y de esta manera construir y confrontar sus explicaciones.

### ***3.1.3 Comunidades que promueven el desarrollo de la dinámica de sistemas***

El pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas, son campos de conocimiento ampliamente difundidos a nivel mundial y que tiene aplicación en diferentes ámbitos, como el científico, tecnológico, industrial, financiero, educativo entre otros. Referente a la dinámica de sistemas la Sociedad de Dinámica de Sistemas (System Dynamics Society) cuenta con un gran repositorio en el campo educativo, con documentos sobre modelado y material para trabajar con los estudiantes. También dispone de diversas herramientas computacionales sobre modelado y simulación, tanto para instalar como para usar on-line.

El MIT (Tecnología de Massachusetts) dentro de sus líneas de desarrollo cuenta con el grupo MIT Sloan, que se enfoca en el tema educativo, diferentes investigadores trabajan la dinámica de sistemas, llevando a cabo el desarrollo de modelos por medio de los cuáles se elaboran explicaciones y se analizan problemas de diferente índole, como por ejemplo el tema del cambio climático, la deforestación, la pandemia por coronavirus, entre otros.

A nivel latinoamericano y nacional se llevan a cabo congresos de dinámica de sistemas que permiten dar a conocer los proyectos de investigación, para que las personas interesadas puedan estar a la vanguardia de los desarrollos en este campo y generar espacios para compartir experiencias y aprendizajes. A nivel local el grupo SIMON por medio del desarrollo de herramientas de modelado y simulación, como Homos y Evolución aportan a la dinámica de sistemas, ejecutando proyectos de investigación en diferentes campos como el educativo.

### **3.2 Marco teórico**

Para abordar el siguiente estudio se hace necesario tener claridad en algunos conceptos sobre los que se fundamenta la investigación, los cuales se mencionan a continuación.

#### **3.2.1 *Pensamiento sistémico***

Diferentes autores reconocen la importancia del pensamiento sistémico para comprender la complejidad del mundo, así como las relaciones entre los componentes que integran cada uno de los diversos sistemas. Cada autor ha definido el pensamiento sistémico con algunos elementos o características así como el propósito que sigue o los tipos de habilidades que permite desarrollar, entre estos autores se destacan Barry Richmond, Peter Senge, Sweeney y Sterman, Jay Forrester, entre otros. Una definición que se asume en este documento es.

El pensamiento sistémico es un conjunto de habilidades analíticas sinérgicas que se utilizan para mejorar la capacidad de identificar y comprender los sistemas, predecir sus comportamientos e idear modificaciones en ellos para producir los efectos deseados. Estas habilidades funcionan conjuntamente como un sistema (Arnold & Wade, 2015, p.7).

En la anterior definición se resalta la importancia de la habilidad analítica, esta al ser un tipo de habilidad de pensamiento permite al estudiante una mejor comprensión del sistema o problema a estudiar, teniendo en cuenta los elementos que la conforman y sus relaciones, para que

en caso de que requiera tomar una decisión o explicar su funcionamiento, lo pueda hacer fundado en un saber, pero también pueda predecir el comportamiento y la forma de realizar ajustes o modificaciones al mismo.

### **3.2.2 *Habilidades de pensamiento***

Como lo afirma Báez y Onrubia (2016) “Son rutinas cognitivas existentes y empleadas para facilitar la adquisición y producción del conocimiento; son destrezas y procesos necesarios para realizar una tarea, además son facilitadoras del conocimiento al ser responsables de adquirirlo y recuperarlo posteriormente” (p. 96). Es importante resaltar que las habilidades en conjunto permiten desarrollar el pensamiento, el cual se manifiesta en la capacidad de realizar tareas, adquirir y recuperar conocimientos que resultan fundamentales para que los estudiantes puedan construir explicaciones de los sistemas.

El pensamiento dinámico sistémico establece unas habilidades específicas que pueden ser desarrolladas en los estudiantes, estas habilidades son: pensamiento dinámico (identifica patrones de comportamiento y observa patrones de cambio en el tiempo), pensamiento en términos de causalidad (comprende la influencia de las causas y las condiciones necesarias para que se dé cierto comportamiento), pensamiento operacional (comprende la estructura causal del sistema y su relación con el comportamiento), pensamiento de ciclo cerrado (reconoce ciclos de realimentación), pensamiento no lineal (reconoce los efectos de los ciclos de realimentación en el tiempo), pensamiento cuantitativo (incluye variables que no pueden ser medidas en unidades estándar) y pensamiento científico (reconoce en un modelo una explicación científica) como lo señala (Andrade et al. ,2014) las cuales se desarrollan por medio del modelado y la simulación.

Un elemento importante a tener en cuenta es el grado de madurez de las habilidades de pensamiento, que indica el nivel de profundidad con el que un estudiante puede abordar un sistema, así como los elementos que incluye en la explicación.

### **3.2.3 *Dinámica de sistemas***

En las actividades que realiza el ser humano, se identifican fenómenos, los cuales no son estáticos si no que por el contrario como lo afirma Andrade y Gómez (2009) “la dinámica de sistemas se encarga de analizar como las cosas cambian a través del tiempo. Involucra la interpretación de los sistemas de la vida real en modelos de simulación computacionales” (p.185). Lo cual da a entender que la clave para comprender la gran mayoría de fenómenos o situaciones del entorno, consiste en entender como las cosas cambian, se modifican, sufren alteraciones. Una forma de representar dichos cambios es por medio de un modelo, el cual permite resolver interrogantes sobre el fenómeno o situación objeto de estudio.

### **3.2.4 *Sistema***

Entre las diferentes definiciones que se pueden encontrar en la literatura, se asume la siguiente.

Totalidad con sentido en la cual son identificables elementos y relaciones que estructuran un todo armónico que en determinado contexto adquiere significado para un observador. Si la estructura de relaciones de influencia entre los elementos describe ciclos de realimentación, se trata de un sistema dinámico que recrea el cambio del objeto o fenómenos observado como sistema (Andrade et al. , 2014, p.34).

En los sistemas que un estudiante identifica en su entorno, hay elementos fundamentales a resaltar, el primero es la totalidad que implica centrarse en todos los elementos y las relaciones que los conforman y no en uno en particular, el segundo elemento son las relaciones, esto permite

que el estudiante comprenda que cada componente contribuye de forma significativa a la unidad del sistema y que dichas relaciones lo estructuran, el tercer elemento es el contexto que permite identificar los comportamientos dependiendo de las condiciones de funcionamiento del sistema y por último y no menos importante es el tipo de sistema, teniendo en cuenta la presencia o ausencia de estructuras de realimentación.

En los sistemas que un estudiante identifica en su entorno, hay elementos fundamentales a resaltar, el primero es la totalidad que implica centrarse en todos los elementos y las relaciones que los conforman y no en uno en particular, el segundo elemento son las relaciones, esto permite que el estudiante comprenda que cada componente contribuye de forma significativa a la unidad del sistema y que dichas relaciones lo estructuran, el tercer elemento es el contexto que permite identificar los comportamientos dependiendo de las condiciones de funcionamiento del sistema y por último y no menos importante es el tipo de sistema, teniendo en cuenta la presencia o ausencia de estructuras de realimentación.

**3.2.4.1 Sistema tecnológico.** De manera particular los sistemas tecnológicos en el contexto educativo se describen como.

Los sistemas tecnológicos involucran componentes, procesos, relaciones, interacciones y flujos de energía e información, y se manifiestan en diferentes contextos: la salud, el transporte, el hábitat, la comunicación, la industria y el comercio, entre otros. La generación y distribución de la energía eléctrica, las redes de transporte, las tecnologías de la información y la comunicación, el suministro de alimentos y las organizaciones, son ejemplos de sistemas tecnológicos (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2008, p. 7).

En ella se encuentra una relación con la definición de (Andrade et al. ,2014) de manera especial, en lo que corresponde a las relaciones y los componentes, los cuales son muy importantes para comprender su estructura y comportamiento dinámico. El otro elemento en común es la forma como se manifiestan estos sistemas en un contexto específico. Teniendo en cuenta los puntos de encuentro, se presentan modelos de sistemas tecnológicos, para que se puedan leer, interpretar, simular y analizar con los estudiantes desde la perspectiva de su comportamiento cualitativo como cuantitativo en el tiempo.

### **3.2.5 TICC**

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) cuyo término ha sido ampliamente difundido, en el ámbito educativo hacen referencia a la aplicación de la tecnología para facilitar y promover los procesos de enseñanza aprendizaje, pero en este contexto se resignifica pasando a tecnologías de la información, la comunicación y el conocimiento (TICC) tal como lo define Velazco (2010) “aplicación de las TIC en algún campo del saber para la producción de conocimiento” (p.1). En las prácticas educativas esto implica que además de favorecer el aprendizaje en los educandos, ellos puedan llegar a la construcción de sus propias explicaciones, es decir como lo menciona Vicario Solórzano (2009) “poderosas herramientas de construcción mental, útiles para desarrollar el pensamiento complejo en los estudiantes” (p.7). Es importante aclarar que estas tecnologías no actúan por si solas y que requieren de habilidades por parte del educador para guiar el proceso y favorecer su incorporación por medio de estrategias que les permita la construcción de aprendizajes.

### **3.2.6 Aprendizaje significativo**

Teoría de aprendizaje que se basa en los conocimientos que el estudiante adquiere, partiendo de los conocimientos que ya posee, tal como lo indica Pozo (1989) al afirmar que “En

otras palabras, un aprendizaje es significativo cuando puede incorporarse a las estructuras de conocimiento que posee el sujeto, es decir cuando el nuevo material adquiere significado para el sujeto a partir de su relación con conocimientos anteriores” (p.33). Por ello es importante que el nuevo conocimiento sea significativo para el estudiante, es decir que tenga en cuenta sus intereses y el contexto de este.

### **3.2.7 Modelos mentales**

En el aprendizaje uno de los factores a tener en cuenta son las representaciones mentales que tiene el individuo acerca del nuevo conocimiento, por ello los modelos son fundamentales durante todo el proceso de aprendizaje. Rodríguez (2005) (citando a Johnson & Laird, 1983) indica que ante la imposibilidad de la mente humana de aprender el mundo directamente “la mente construye representaciones internas que actúan como intermediarias entre el individuo y su mundo, posibilitando su comprensión y su actuación en él” (p.7). A través de estos modelos mentales el individuo es capaz de captar los elementos y características más representativas del objeto o fenómeno.

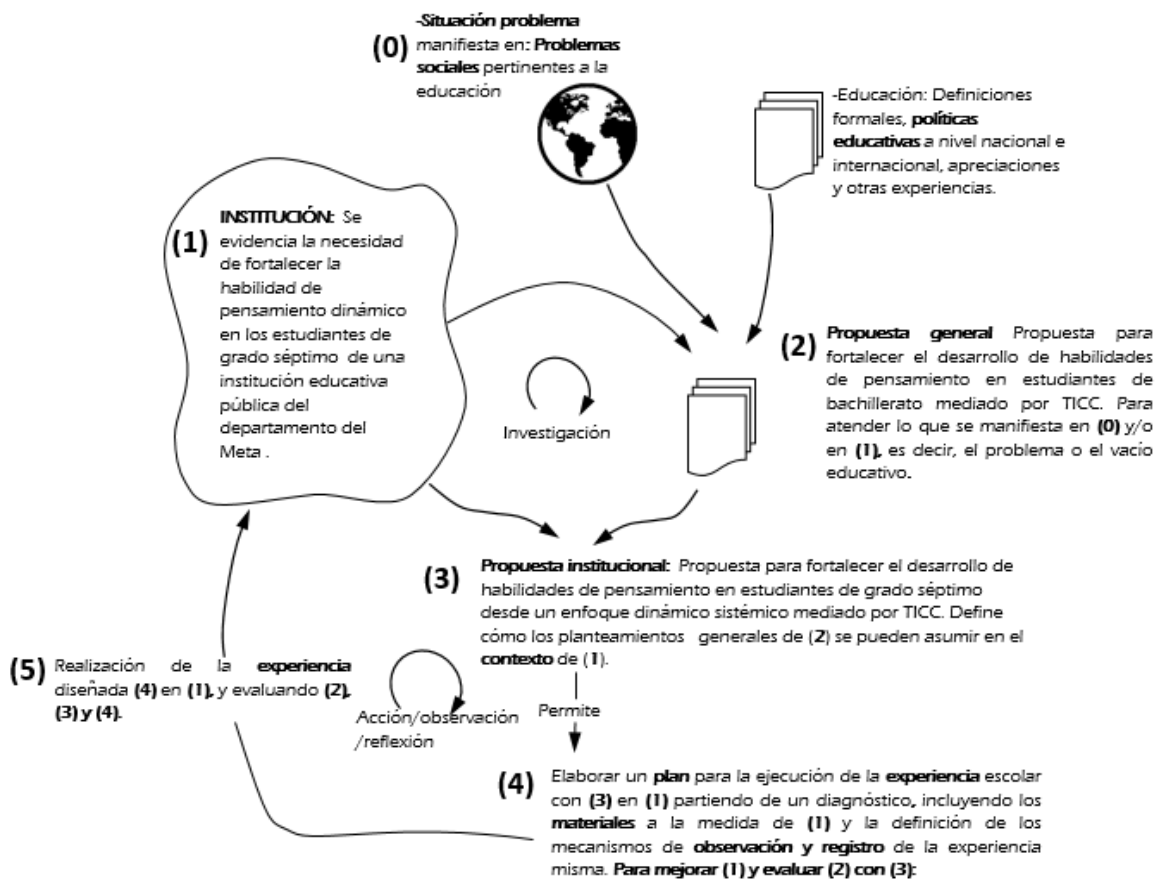
## 4. Diseño metodológico

### 4.1 Enfoque Metodológico

En este apartado se describe la metodología desarrollada durante el proceso investigativo, con cada una de sus fases y actividades desarrolladas.

#### Figura 2.

*Metodología investigación-acción*



TICC: Tecnologías para la información, la comunicación y el Conocimiento

*Nota:* Ciclo de la metodología de investigación-acción adoptado por el grupo de investigación SIMON.

El desarrollo del proceso investigativo en esta propuesta se basó en el enfoque metodológico propuesto por el grupo de investigación SIMON, que está inspirada en la metodología de sistemas blandos (SSM), la cual permite abordar situaciones sociales que se relacionan con el ser humano y que tiene en cuenta las diferentes interpretaciones acerca de la realidad estudiada, como lo hace notar Checkland & Poulter (2006) “la metodología de sistemas blandos (SSM) es una forma organizada de abordar las situaciones problemáticas (sociales) percibidas. Está orientada a la acción. Organiza la reflexión sobre estas situaciones para que se puedan tomar medidas para mejorarla” (p. XV), para el autor hay un énfasis en la actuación, es decir las acciones que se tomen buscando la mejora, que en muchos casos no son la solución definitiva, debido al carácter cambiante de las condiciones de la situación problemática. Pero además aparece un elemento fundamental el cual es la reflexión que permite hacer un análisis constante sobre las acciones implementadas y generar nuevos planes para intervenirla, de esta manera con cada acción intencionada y basada en las condiciones del problema, se amplía el conocimiento de la situación que es lo que finalmente conduce a un aprendizaje. Es importante resaltar el carácter cíclico como se aprecia en la Figura 2. El cual permite generar experiencias y aprendizajes cada vez que se termina un ciclo, los cuales buscan generar los cambios en la propuesta y de esta manera mejorar la situación problema.

A continuación, se describen cada una de las fases que intervienen en el proceso investigativo.

#### **4.1.1 *Detallar el problema***

En esta primera fase se identificó la problemática, del bajo desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes de grado séptimo, reflejada en la dificultad para comprender el

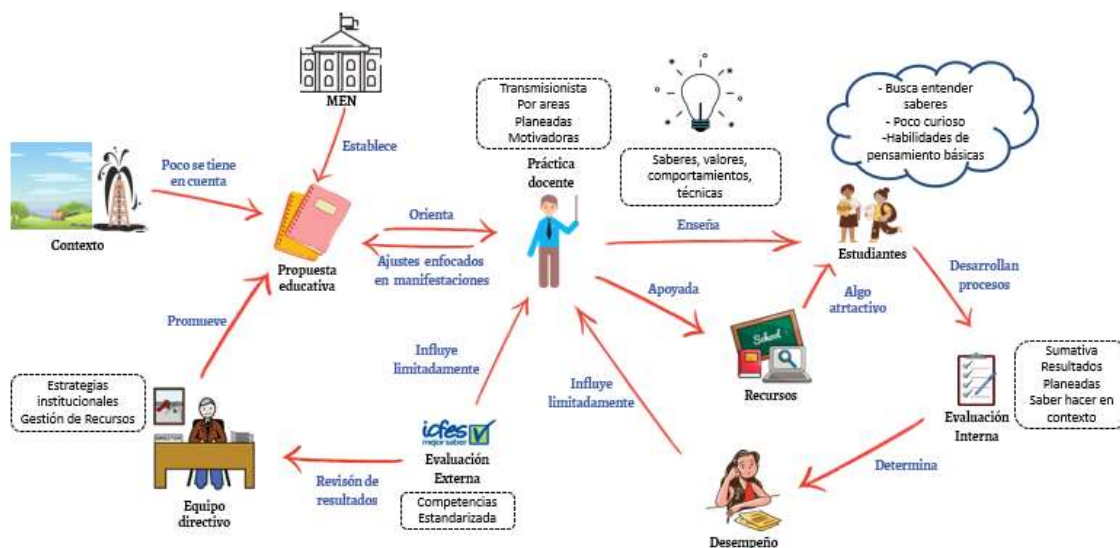
comportamiento de los sistemas tecnológicos, evidenciando vacíos en aspectos como los que se describen a continuación.

Las propuestas educativas en las instituciones tienen en cuenta pocos elementos del contexto, los lineamientos curriculares establecidos por el Ministerio de Educación, la experiencia y aportes de cada uno de los docentes. Una vez establecidos estos elementos, el docente ejerce su práctica educativa que previamente ha planeado y que se caracteriza por motivar a los estudiantes y poderlos conectar con las demás actividades de aula, dicha práctica en muchos casos se centra en una metodología tradicional, la cual implica que el docente es el portador del conocimiento y los estudiantes receptores de la información, ejerciendo estos una actitud pasiva, que se ve reflejada en una baja participación, limitando la curiosidad, trabajo individualizado, división del currículo por áreas de conocimiento. La enseñanza se basa en saberes desarrollados según textos o guías previamente diseñadas, que además buscan la formación humana en valores, competencias ciudadanas y el dominio de algunas técnicas de resolución de ejercicios, así como el dominio de herramientas informáticas. Los estudiantes tratan de interpretar la información recibida y por medio de actividades, logran ejercitar y aplicar algunos saberes o planteamientos específicos, esto permite desarrollar habilidades básicas como la observación, descripción, inferencia, entre otras. Una vez concluido un tema o unidad, se aplican evaluaciones, que le permiten al docente verificar el desempeño alcanzado por cada uno de sus estudiantes, los resultados se promedian con los obtenidos en talleres y demás actividades desarrolladas durante el periodo académico. El nivel alcanzado en el proceso evaluativo determina el desempeño de los estudiantes y para el caso de aquellos que no logren un desempeño mínimo se generan planes de nivelación que les permita superar las dificultades evidenciadas. De forma similar en las pruebas externas, como las pruebas saber desarrolladas por el ICFES, los resultados son revisados por el equipo directivo y los docentes,

con el objetivo de promover algunas estrategias institucionales que permitan superar las dificultades encontradas, así como seleccionar y gestionar recursos que faciliten la aplicación de dichas estrategias. Este ciclo se repite cada año en las instituciones, apostando por procesos de mejoramiento que les permita lograr posicionarse como instituciones reconocidas por el desempeño académico de sus estudiantes. Esta situación se esboza en la siguiente figura.

**Figura 3.**

*Pintura enriquecida sobre la situación actual para el desarrollo de habilidades de pensamiento*



Una propuesta educativa MEN basada en habilidades de pensamiento, se sugiere que pueda partir de algunos referentes académicos, como el proyecto K-12 que aporta desde las habilidades de pensamiento propuestas por Barry Richmond, el modelado y simulación de enfoque estructural con dinámica de sistemas, con experiencias en diferentes problemáticas, como el calentamiento global, el impacto de la actividad económica en los recursos naturales, la salud pública, sistemas sociales, entre otros. Aportes de la sociedad de dinámica de sistemas, que buscan contribuir en la solución de problemáticas generales desde un enfoque del pensamiento sistémico, por medio del modelado y simulación. Además de los lineamiento del Ministerio de Educación Nacional y los

aprendizajes alcanzados por el grupo de investigación SIMON en la experiencia de computadores para educar, por medio de una propuesta que integra el modelado y la simulación con dinámica de sistemas, así como el aporte de los docentes

Con la propuesta educativa definida los docentes orientan su práctica, la cual se enfoca en la construcción y reconstrucción de conocimiento, que además permite relacionar los saberes entre áreas y contextualizar los procesos de aprendizaje. Esto exige en el docente un rol facilitador del proceso, el cual proporciona el andamiaje necesario para que los estudiantes desarrollen su aprendizaje, así como seleccionar las TICC que mejor se ajustan a las necesidades del proceso y medien en la práctica del docente. En este sentido el aprendizaje de los estudiantes es el centro del proceso, con cada una las dinámicas generadas por el docente en el aula, como el trabajo en grupo que permite debatir ideas, la pregunta que propicia la reflexión de los modelos mentales y el error como una oportunidad para aprender. Todo ello enriquecido por experiencias de observación y experimentación directa con el sistema, en donde se generan los procesos de asimilación y acomodación, hasta lograr el equilibrio y por ende el conocimiento. En este punto las Ticc juegan un papel importante, de manera especial por medio del modelado y simulación con dinámica de sistemas, permitiendo la reconfiguración de esos modelos mentales, por medio de la pregunta, la posibilidad de tener diferentes escenarios de simulación y la interpretación de los comportamientos del sistema en cada escenario. Pero además el modelado y simulación permiten el desarrollo de habilidades como el pensamiento dinámico, cuantitativo, causal, ciclo cerrado, entre otros.

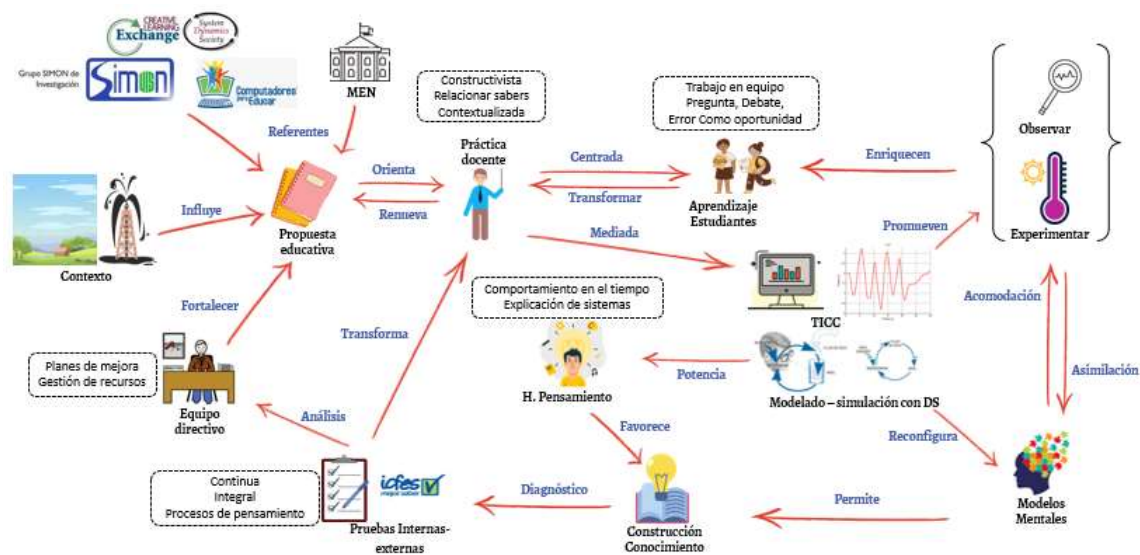
Alcanzado este punto, el docente ha realizado un seguimiento al proceso del estudiante, en donde puede evidenciar el progreso y también las habilidades por mejorar, teniendo en cuenta su desarrollo integral. Una forma de evidenciar dicho proceso son las pruebas institucionales, así

como las nacionales que permiten diagnosticar el progreso del aprendizaje, pero que además exigen la transformación de la práctica educativa que responda a las dificultades encontradas.

El equipo directivo en compañía de los docentes y los padres de familia emprenden planes de acción que permitan ser abordados por la institución y respondan a las necesidades del contexto y las dificultades diagnosticadas, fortaleciendo la propuesta educativa. De esta manera un nuevo ciclo inicia, partiendo de los ajustes a la misma así como la transformación generada en la práctica docente y los recursos necesarios para su implementación. Esta situación se resume en la siguiente figura.

**Figura 4.**

*Pintura enriquecida sobre la situación deseada para el desarrollo de habilidades de pensamiento*



En la siguiente tabla se sintetizan las situaciones actual y deseada descritas:

**Tabla 2.**

*Situaciones actual y deseada*

Aspectos	Situación actual	Situación deseada
----------	------------------	-------------------

<b>Concepción del aprendizaje</b>	Enfocada en la transmisión de contenidos, determinada por temas y segmentada por asignaturas. Buscan generar motivación en el estudiante.	Basada en principios del constructivismo, que permita desarrollar habilidades de pensamiento y relacionar saberes de otras áreas, teniendo en cuenta el contexto donde se desarrolla la práctica.
<b>Rol del estudiante</b>	Estudiante que asimila contenidos, los cuales involucran unas habilidades de pensamiento básicas y poco se interesan para preguntar.	Estudiante que trabaja en equipo, se interesa por preguntar, debate sus ideas y utiliza el error como una oportunidad para aprender.
<b>Rol del docente</b>	Transmisor de contenidos, enfocado en su área de conocimiento, que prepara su práctica, en la cual busca motivar los estudiantes y desarrollar habilidades básicas. Propende por la formación integral.	Orientador y mediador en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, que utiliza diferentes estrategias de aprendizaje y las evalúa. Propende por una formación integral, incluyendo procesos de pensamiento de orden superior.
<b>Actividades y estrategias</b>	Trabajo individual, orientadas a la apropiación de contenidos y poco contextualizadas.	Trabajo en equipo, orientada al desarrollo de competencias y habilidades de pensamiento. Generadas a partir del contexto.
<b>Recursos</b>	Libros de texto guía, guías de clase, uso de herramientas tecnológicas.	Secuencia didáctica, tecnologías para la construcción del conocimiento, material didáctico que se ajusta a las condiciones del contexto y los estudiantes.
<b>Evaluación</b>	Tiene en cuenta solo los resultados, sumativa, basada en el saber hacer en contexto o en la capacidad de retener información.	Continua, teniendo en cuenta la formación integral, busca desarrollar procesos de pensamiento y que permite la reflexión de la práctica educativa.

#### ***4.1.2 Propuesta General para el desarrollo de habilidades de pensamiento***

La propuesta aquí formulada pretende generar un proceso de transformación de la práctica pedagógica a partir de la articulación del modelado y simulación con dinámica de sistemas, los modelos mentales junto con los modelos de simulación y el aprendizaje basado en la construcción y reconstrucción de conocimiento, que permitan al estudiante ser el centro del proceso de aprendizaje y propiciar un ambiente que permita el desarrollo de habilidades de pensamiento.

El modelado y simulación es el primer elemento articulador, el cual permite investigar diferentes sistemas, brinda la posibilidad para que los estudiantes prueben y contrasten sus ideas, representen ideas propias, así como desarrollar un aprendizaje teniendo en cuenta los modelos mentales (Andrade Sosa et al. ,2014). También permite experimentar con la simulación y aprender del sistema, plantear preguntas y poner a prueba hipótesis, generar conclusiones en un ciclo continuo, así como transferir el comportamiento a otros sistemas similares (Skaza et al. ,2012). Todo ello contribuye en la comprensión del comportamiento del sistema pasando de lo concreto a lo abstracto (Fisher 2018).

El segundo elemento articulador son los modelos mentales de los estudiantes y los modelos de simulación, los cuales se complementan (Fisher, 2018). De tal forma que al plantear o leer un modelo de simulación exige en los estudiantes expresar sus modelos mentales por medio de los componentes y relaciones del sistema, los cuales se prueban en la simulación y al evidenciar vacíos o comportamientos no esperados, se reformulan los modelos mentales incluyendo o relacionando elementos nuevos.

El tercer elemento articulador es el enfoque constructivista que permite desarrollar el proceso de aprendizaje, como lo plantea Piaget en la teoría de equilibración, los modelos mentales del entorno son captados por el proceso de asimilación y encajan en los modelos mentales que tiene el estudiante, que genera el proceso de acomodación y de esta manera entre los desequilibrios que ocurren entre la asimilación y la acomodación se desarrolla el aprendizaje (Pozo, 1989).

Basado en los planteamientos desarrollados, a continuación se describen los momentos de la estrategia pedagógica propuesta para el desarrollo de habilidades, que permitan describir el comportamiento de los sistemas en el tiempo.

**Momento 1 diagnosticando habilidades:** Tiene como objetivo determinar el estado inicial de las habilidades pensamiento propuestas por Richmond (2010) así como la habilidad para la interpretación de gráficas que representen comportamientos, por medio de un cuestionario con preguntas, relacionadas con algunos sistemas y situaciones propias del contexto del estudiante. Un ejemplo de ello puede ser la explicación que realiza el estudiante del comportamiento del llenado de un tanque en un lapso de tiempo, en donde a través de un grifo ingresa agua, pero a su vez sale agua del mismo por medio de un tubo ubicado en la parte inferior.

**Momento 2 explorando modelos mentales:** En este proceso el objetivo consiste en identificar los modelos mentales de los estudiantes, por medio de actividades como lluvia de ideas, mapas conceptuales, mapas mentales, imágenes enriquecidas, cuestionarios de preguntas, acerca del sistema, sus elementos y comportamiento. Estos modelos mentales están relacionados con el objetivo que se quiere estudiar del sistema, por ello las actividades de saberes previos están relacionadas con preguntas como: ¿por qué..?, ¿cómo influye..?, ¿qué es lo que hace..?. Un ejemplo de ello puede ser, al estudiar el sistema de paneles solares, que tenga como objetivo explicar: cómo se produce la electricidad a partir de la radiación solar, las preguntas podrían ser: ¿qué producen los rayos solares en el panel solar?, ¿qué elementos debe tener un panel solar para producir electricidad?, ¿En días nublados, los paneles solares producen electricidad?, ¿por qué los rayos de sol producen electricidad?, entre otras.

**Momento 3 estudiemos el sistema:** Para este momento el objetivo consiste en ampliar el conocimiento que se tiene del sistema, por medio de actividades de exploración y observación de forma directa o mediante simuladores offline y online<sup>6</sup>. La observación y exploración permiten

---

<sup>6</sup> <https://phet.colorado.edu/es/>

que aflore la curiosidad en los estudiantes y de esta manera puedan formular preguntas, generar hipótesis sobre su comportamiento e incluso debatir ideas. Pero además se tiene en cuenta los saberes que permiten explicar el sistema, esto por ejemplo por medio de actividades como lecturas de textos por grupos o proyección de videos, en donde con el apoyo del docente se contrasta o refuerza la teoría y la experiencia de observación.

**Momento 4 exploremos explicaciones con DS:** En este espacio el objetivo consiste en profundizar en el estudio del sistema, teniendo en cuenta los componentes y las relaciones de los modelos de simulación diseñados, para que por medio de la simulación el estudiante interactúe con los mismos, pero además pueda observar y comprender los diferentes comportamientos del sistema, estos comportamientos pueden ser tanto cualitativos (datos) como cuantitativos (descripciones). Un ejemplo de ello puede ser, simular en el software Evolución, el modelo del sistema de aire acondicionado de una habitación, en donde se tienen en cuenta elementos como la temperatura ambiente, la temperatura deseada, la razón de cambio entre la temperatura ambiente y la deseada, así como las relaciones entre estos elementos. Pero además es importante resaltar que la simulación tiene como objetivo responder a interrogantes como ¿Qué pasaría si...? (Andrade Sosa et al. ,2014), que permiten explorar diferentes escenarios de simulación e incluso llevar al sistema a condiciones extremas y mejorar la comprensión de su comportamiento.

En este espacio es importante el trabajo en grupo y el debate de ideas entre pares. Las TICC son fundamentales puesto que el modelado y la simulación con dinámica de sistemas permiten la reconfiguración de los modelos mentales, teniendo en cuenta la construcción mental desarrollada en el momento 3, de esta manera se reconstruye el conocimiento del sistema.

**Momento 5 ¿cómo van mis habilidades?:** El objetivo de este momento consiste en determinar los avances en el desarrollo de las habilidades de pensamiento, mediante la

reconstrucción de explicaciones que elaboran los estudiantes, teniendo en cuenta el propósito inicialmente definido para el sistema seleccionado. Un ejemplo de ello consiste en realizar actividades como exposiciones o esquemas mentales, en donde se expresen los modelos mentales de los estudiantes. Esto acompañado de un proceso de observación permanente por parte del docente teniendo en cuenta aspectos como, el nivel de participación, tipo de preguntas formuladas, la capacidad para contrastar ideas, así como el nivel de profundidad de los argumentos expuestos por los estudiantes.

Cada uno de estos momentos se realiza en una dinámica de investigación acción que permita realizar la aplicación de la experiencia, observar y reflexionar sobre lo que está ocurriendo en la práctica, de esta manera cuando se analicen los resultados producto de la experiencia y el diagnóstico desarrollado con los estudiantes, se pueda determinar los aprendizajes, que permitan generar acciones de mejora, necesarios para iniciar un nuevo ciclo de aplicación.

#### ***4.1.3 Contextualización de la propuesta***

Teniendo en cuenta que la propuesta educativa formulada, permitirá fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes y de esta manera comprender el comportamiento de algunos sistemas. Para alcanzar esta meta se tienen en cuenta las condiciones de la institución para su aplicación, como lo son algunos planteamientos de la propuesta pedagógica que se denomina ASHUMA (Aprendizaje significativo humanista), que no solo tiene en cuenta la dimensión cognitiva, sino que además se centra en la formación integral de los educandos. En cuanto al aprendizaje significativo tiene en cuenta los saberes previos de los estudiantes, los cuales se pueden identificar por medio de los modelos mentales, siendo estos fundamentales para el anclaje de los nuevos conceptos y la posterior construcción de conocimiento, así como actividades de afianzamiento orientadas por medio de preguntas y debate con ayuda del trabajo cooperativo.

La contextualización de los sistemas a comprender, tiene en cuenta sistemas tecnológicos y máquinas presentes en los hogares y actividades del municipio, por ejemplo: máquinas simples y compuestas (carretillas, elevadores, balanzas, planos inclinados, bicicletas, inodoros, torres de perforación, grúas, etc), y los sistemas asociados a cada máquina. Para los cuales se establecen tres (3) habilidades de pensamiento (dinámico, operacional y causal), de las siete (7) que propone Barry Richmond. Esto permitirá generar un ambiente que relaciona las prácticas y experiencias cotidianas de los estudiantes, con las actividades de modelado y simulación.

Una vez definidos los sistemas, se emplearán equipos de cómputo disponibles en la institución educativa para poder integrar el modelado y simulación de enfoque estructural, a través de actividades que permitan apreciar el cambio en el comportamiento, así como dicho comportamiento influye en el propio sistema. Estas actividades tendrán como tecnología de soporte el software Evolución, desarrollado por el grupo SIMON-UIS.

El progreso en el desarrollo de las habilidades de pensamiento y su repercusión en la comprensión del sistema, se evidencian por medio de las explicaciones construidas en cada una de las sesiones de trabajo, así como los cambios actitudinales y el dominio de las TICC.

Esto permitirá generar una experiencia de integración de las TICC con el proceso de aprendizaje, como punto de partida para futuras experiencias en diferentes áreas de conocimiento en la institución que promueva el aprendizaje significativo en los estudiantes. Así como la transformación de la práctica educativa, dando paso a un modelo centrado en el estudiante, con docentes que acompañan y propician el aprendizaje, reflexionando sobre la misma, estableciendo planes de acción basado en el análisis de los resultados de pruebas y determinando aprendizajes alcanzados.

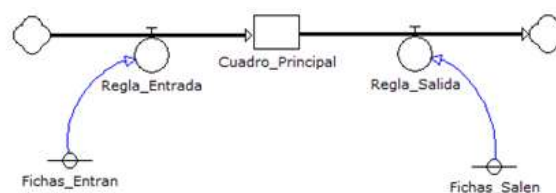
## 4.2 Planeación de la experiencia

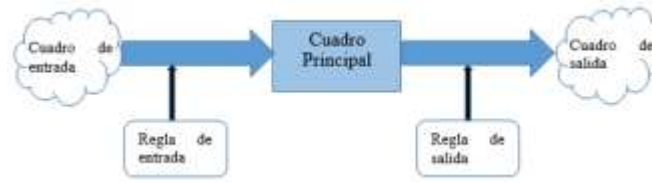
Con la propuesta general contextualizada a la institución educativa, se procedió a realizar el diseño de la experiencia de intervención con el grado séptimo. Para ello se construyó una secuencia didáctica (Apéndice A) que contempla cinco momentos, en donde por medio de actividades como la exploración de los modelos mentales, la experimentación con el sistema, la lectura y simulación de modelos, permitieran generar una mayor comprensión del sistema, así como las habilidades necesarias para comprender sistemas análogos. Los modelos se desarrollan en el software Evolución, por medio de prototipos de complejidad creciente, iniciando con el modelo del llenado de un recipiente en donde se tiene en cuenta elementos y relaciones básicas, hasta llegar al modelo cuatro (4), en donde se tienen en cuenta diferentes elementos y relaciones que permiten profundizar en la comprensión del sistema del inodoro y su comportamiento.

**Actividad introductoria al modelado y simulación:** Por medio de la actividad lúdica juego entrada-salida, los estudiantes tienen la posibilidad de observar los cambios que ocurren (comportamiento dinámico) en el cuadro principal (variable) y la cantidad de jugadores que entran y salen (flujo de entrada y salida). La actividad se realiza utilizando jugadores (estudiantes) y el tablero que permite registrar cada una de las jugadas, una vez concluidas las 10 jugadas, se realiza el gráfico de comportamiento para que pueda ser interpretado por los estudiantes y posteriormente se realiza la simulación del juego, por medio del siguiente modelo.

### Figura 5.

*Modelo juego entrada-salida*





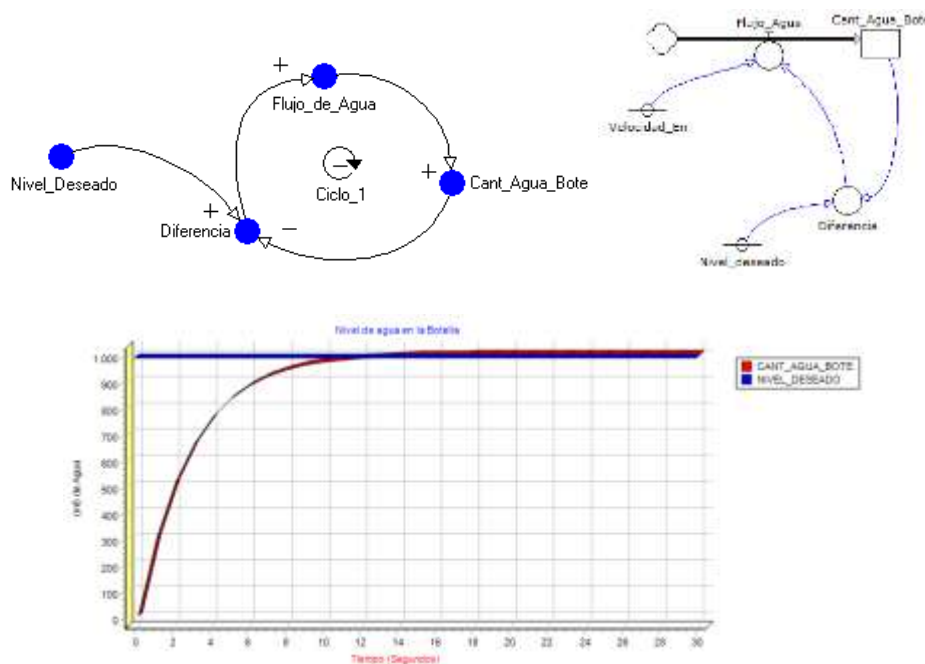
*Nota:* Modelo tomado del libro Tecnología e informática en la escuela, Andrade Sosa y Gómez Flórez, 2009, p 174.

### Prototipo 1: Llenado de un recipiente

Este primer modelo permite que los estudiantes comprendan la relación entre el nivel de agua dentro del recipiente y el flujo de agua que ingresa al mismo, ocasionando una variación en el transcurso del tiempo, de la cantidad de agua dentro del recipiente (botella). Esto hace que los estudiantes requieran desarrollar la habilidad de pensamiento dinámico, necesaria para comprender los cambios a lo largo del tiempo en el sistema y aplicarla a otros modelos análogos.

**Figura 6.**

*Prototipo uno: Modelo de llenado de un recipiente*



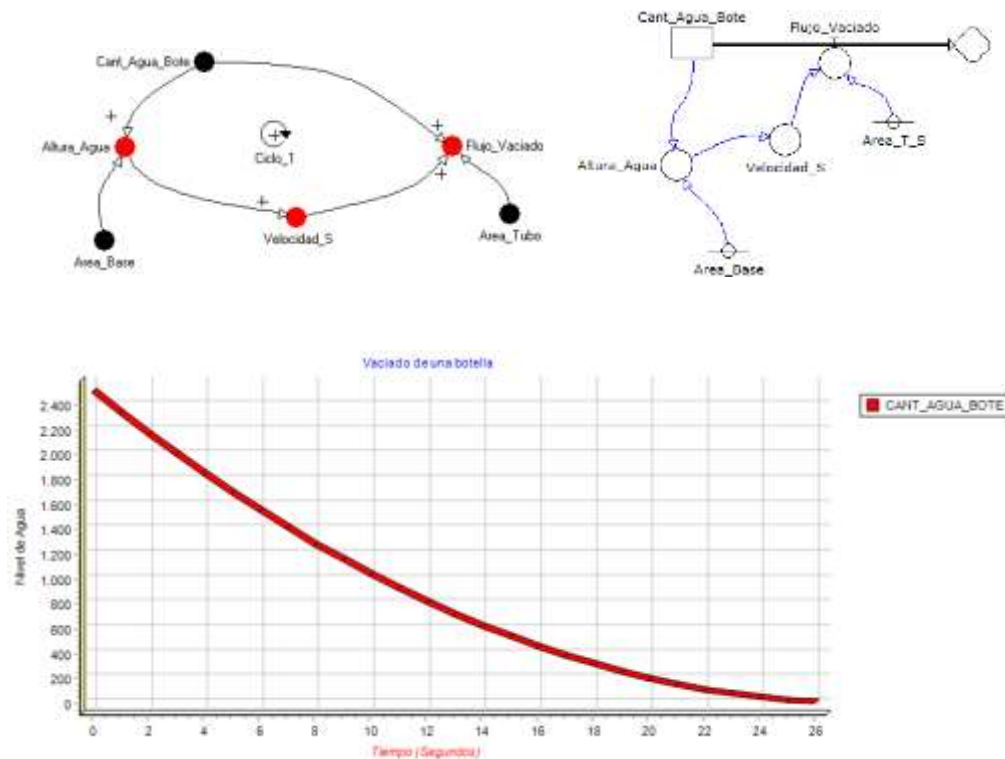
*Nota.* Modelo tomado del libro Dinámica de sistemas, Aracil & Gordillo, 1997, pg 15.

### Prototipo dos: Vaciado de un recipiente

Para este modelo se espera que los estudiantes puedan comprender el efecto que tiene la altura del agua dentro del recipiente, en la velocidad y el flujo de salida. También se contempla el área base y la cantidad de agua dentro del recipiente (botella), así como el área del orificio de salida de agua. Para ello el estudiante tienen en cuenta estos elementos y las relaciones que se establecen entre los mismos, que son las que definen el comportamiento del mismo. De esta manera el estudiante logra desarrollar la habilidad de pensamiento operacional y estará en la capacidad de ejemplificar y explicar un sistema análogo.

#### Figura 7.

*Prototipo dos: Modelo del vaciado de un recipiente*



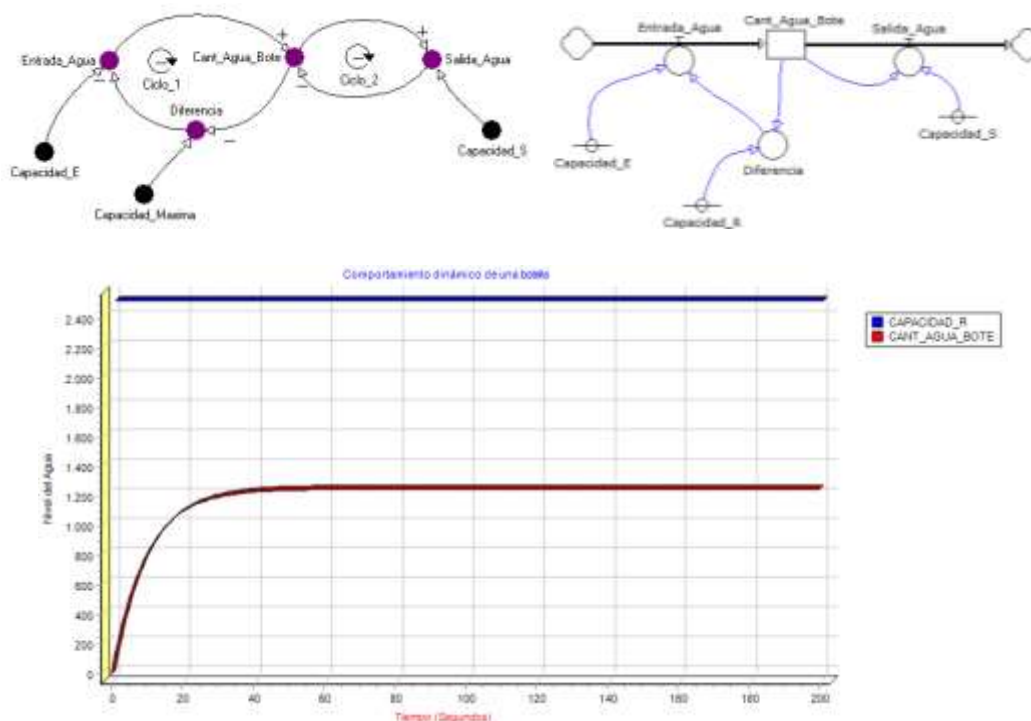
*Nota:* Tomado y adaptado del repositorio de modelos para la MIE, por H. Andrade et al, 2021.

### Prototipo tres: Llenado y vaciado de un recipiente

En este modelo se contemplan algunos elementos ya relacionados en los prototipos uno y dos, pero ahora su comportamiento cambia, debido a la interacción de todos los elementos dentro del mismo modelo. Se espera que los estudiantes puedan comprender que es posible mantener la cantidad de agua dentro del recipiente a cierta altura, debido a que hay un flujo de entrada y a la vez hay un flujo de salida de agua. La cantidad de agua en el recipiente dependerá tanto del flujo de entrada de agua al recipiente, así como del flujo de salida de agua del mismo. Cuando el estudiante logra comprender dicha relación entre los flujos y el nivel y es capaz de ejemplificar sistemas análogos, evidencia la habilidad del pensamiento causal.

#### Figura 8.

*Prototipo tres: Modelo de llenado y vaciado de un recipiente*



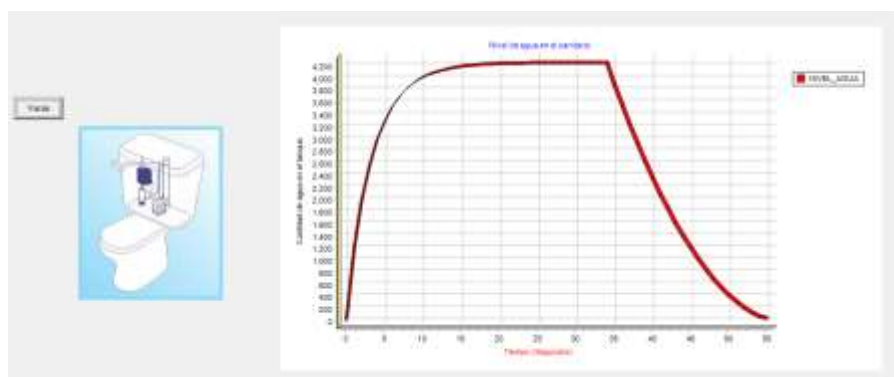
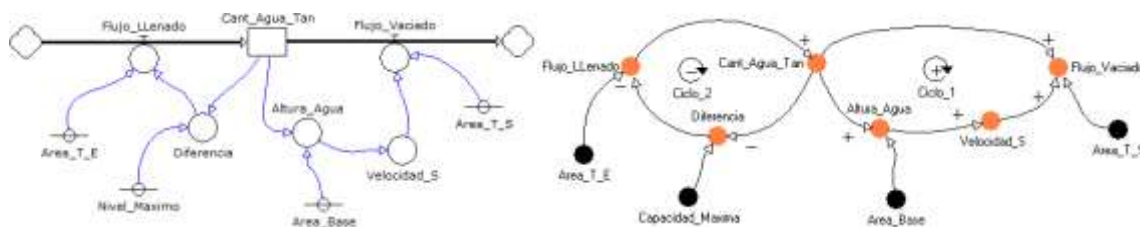
*Nota:* Tomado y adaptado del repositorio de modelos para la MIE, por H. Andrade et al, 2021.

### Prototipo cuatro: Llenado y vaciado del tanque del inodoro

En este último modelo se incluyen diferentes elementos y relaciones entre los mismos, que están directamente implicados con el comportamiento de descarga y carga del tanque del inodoro, en especial lo relacionado con los flujos de entrada (flujo de llenado) y flujo de salida (flujo de vaciado). Se espera que el estudiante pueda comprender la variación del flujo de llenado hasta alcanzar el nivel máximo y posteriormente comprender la variación del flujo de vaciado, hasta alcanzar el nivel mínimo de agua dentro del tanque. Con las habilidades de pensamiento desarrolladas hasta este punto, se busca que los estudiantes puedan comprender y explicar el comportamiento dinámico del sistema, las relaciones que se establecen y comprender las causas que generan dicho comportamiento.

#### Figura 9.

*Prototipo cuatro: Modelo del tanque del inodoro*



*Nota:* Tomado y adaptado del repositorio de modelos para la MIE, por H. Andrade et al, 2021.

### 4.3 Instrumentos para recolección de la información

En el enfoque de la investigación cualitativa, lo que se pretende es poder obtener datos que tengan significado y permitan responder a la pregunta de investigación, estos datos son proporcionados por las personas involucradas en la investigación, que para este caso son los estudiantes de grado séptimo. Los datos que se recolectan son conceptos, expresiones, percepciones, opiniones, vivencias, imágenes mentales, creencias, emociones, interacciones, pensamientos manifestados en el lenguaje de los participantes, ya sea de manera individual, grupal o colectiva (Hernández , 2014, p 397). Los cuales permiten comprender la práctica educativa y el proceso de aprendizaje de los estudiantes, para establecer acciones de mejora que permitan intervenirla en un ciclo constante de acción y reflexión.

#### 4.3.1 Instrumentos basados en la observación

El método de la observación es importante en el proceso investigativo puesto que permite realizar el registro de lo que está ocurriendo en la experiencia, pero además acompañado de la reflexión permite comprender las razones por las cuales ocurren las acciones observadas (McKernan, 1999, p. 84).

**Diario de Campo:** Es el instrumento por medio del cual se realizó el registro de las expresiones, actitudes, percepciones, reflexiones, análisis y comentarios que los estudiantes manifestaban en cada una de las sesiones de aprendizaje, vistos desde el punto de vista del investigador (docente), los cuales fueron significativos para comprender lo ocurrido en la experiencia educativa.

**Grabación de las sesiones:** Con el objetivo de poder llevar un registro fiel de cada una de las acciones que ocurrieron en la experiencia se grabó, en formato de audio, cada una de las sesiones de aprendizaje para posteriormente realizar la reflexión y análisis.

#### **4.3.2 Instrumentos basados en el análisis de los documentos recolectados**

**Encuesta línea base de entrada y salida:** Por medio de un cuestionario inicial con preguntas abiertas y cerradas, que permitió establecer el punto de partida en cuanto a las habilidades de pensamiento y los modelos mentales de los estudiantes acerca algunos sistemas del entorno del estudiante.

**Actividades entregadas por los estudiantes:** Cuestionarios sobre los modelos mentales, rutinas de pensamiento y habilidades de pensamiento, con preguntas abiertas, los cuales respondieron los estudiantes en el transcurso de las sesiones de aprendizaje. Estos permitieron registrar los cambios que ocurrieron a lo largo de la experiencia en cuanto a la comprensión de cada uno de los sistemas, el desarrollo de las habilidades pensamiento y el aprendizaje alcanzado.

**Entrevistas:** Con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes acerca de la experiencia desarrollada en el aula, se entrevistó a cinco (5) participantes del total del grupo, por medio de diferentes preguntas que se enfocaron en tres (3) (aprendizaje, TICC, y práctica docente) de las cuatro (4) categorías de análisis. Los datos recolectados permitieron generar una descripción más amplia y con mayor cantidad de detalles acerca de las categorías de análisis y tener una mejor comprensión de la experiencia desarrollada, así como el alcance logrado.

#### **4.4 Análisis de la información**

Con la información recolectada y organizada, se procedió a realizar el análisis e interpretación de la misma, extrayendo aquellos resultados que fueron relevantes para la investigación. Para ello fue necesario establecer unas categorías de análisis y organizar la información en cada una de ellas, así como establecer las rúbricas que permitieron definir el grado de desarrollo de las habilidades de pensamiento.

**Categorías de análisis:** Se establecieron cuatro (4) categorías de análisis de la información recolectada.

Una primera categoría consistió en el desarrollo de las habilidades de pensamiento evidenciado por medio de los ejemplos de sistemas con un comportamiento similar y las respuestas a preguntas sobre la comprensión de los modelos, para ello se subdividieron en tres (3) subcategorías que corresponden a las habilidades (dinámicas, causales y operacionales) propuestas por Barry Richmond. La segunda categoría se centró en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, evidenciado en la comprensión de los sistemas por medio de los modelos de simulación y las explicaciones que realizaron de los mismos, para ello se subdividieron en cuatro subcategorías, como lo fueron el aprendizaje significativo, la experimentación, los modelos mentales y las explicaciones. La tercera categoría se centró en el papel que cumplieron las TICC para facilitar el análisis y la comprensión de los sistemas estudiados en cada sesión, así como para facilitar responder a la pregunta problémica, de esta categoría se desprendieron tres subcategorías, el modelado, la simulación y la mediación. La última categoría corresponde a la práctica docente, con el papel mediador del docente para orientar el proceso, así como las estrategias necesarias para desarrollar el aprendizaje, por ello se establecieron dos subcategorías, la primera el rol del docente y la segunda la didáctica.

Es importante aclarar que dichas categorías surgen del proceso de diseño de la experiencia, así como de la experiencia misma.

**Rúbrica para las habilidades de pensamiento:** Los niveles de desarrollo de las habilidades de pensamiento (dinámico, causal y operativo), que pueden alcanzar los estudiantes, se describen en el apartado rúbrica habilidades de pensamiento (Apéndice D).

## 5. Análisis de resultados

La propuesta para el desarrollo de habilidades de pensamiento se enmarcó en la metodología de la investigación acción (figura 2), que permite abordar problemáticas sociales, tuvo como punto de partida entender el estado actual de la problemática representado en la pintura rica (figura 3), a partir de la cual se estableció la situación deseada plasmada en la pintura rica (figura 4), dando paso a la construcción de una propuesta descrita en cinco momentos (propuesta general), contextualizada a las condiciones de la institución educativa (propuesta institucional), en la cual se incluyeron algunas estrategias como el modelado y simulación con dinámica de sistemas, para su aplicación con un grupo de estudiantes de grado séptimo (planeación de la experiencia), obteniendo los resultados que se describen a continuación.

Con la información recolectada en cada una de las sesiones, se procedió a organizarla para realizar el proceso de análisis teniendo en cuenta las categorías establecidas y de esta manera facilitar su interpretación, que condujera a determinar los resultados alcanzados en este primer ciclo de investigación.

Es importante resaltar que en este capítulo se usan convenciones para proteger el anonimato de los participantes (Ejemplo: *D2 hasta D26*: documentos análisis categorial software Atlas Ti, *E1 hasta E28*: estudiantes, *00:00:00*: hora, minutos y segundos en las grabaciones) y citas textuales que se identifican por estar en letra cursiva.

### 5.1 Análisis línea base – prueba de entrada comparada con la prueba de salida

La prueba de entrada la respondieron 28 estudiantes del grupo, en la cual se plantearon cuatro situaciones relacionadas con algunos sistemas y fenómenos del entorno del estudiante, cada situación se enfocó en una habilidad de pensamiento sistémico. En la prueba de salida 27

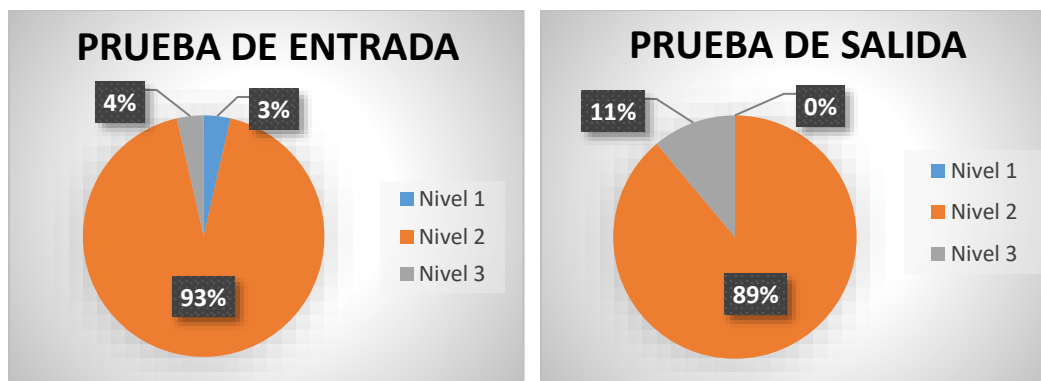
estudiantes la respondieron, debido a que uno de ellos presentó inconvenientes de salud. Las habilidades de pensamiento en las cuales se enfoca el análisis son: pensamiento dinámico, pensamiento causal y pensamiento operacional. La valoración de las respuestas en las pruebas se basó en la rúbrica habilidades de pensamiento (Apéndice D), en la cual se establecen tres (3) niveles de desarrollo en cada una de las habilidades.

### 5.1.1 Habilidades de pensamiento

En la primera situación se evaluó el pensamiento dinámico, en la cual se obtuvieron los siguientes resultados.

#### Figura 10.

*Comparación situación 1 niveles de desarrollo en el pensamiento dinámico*



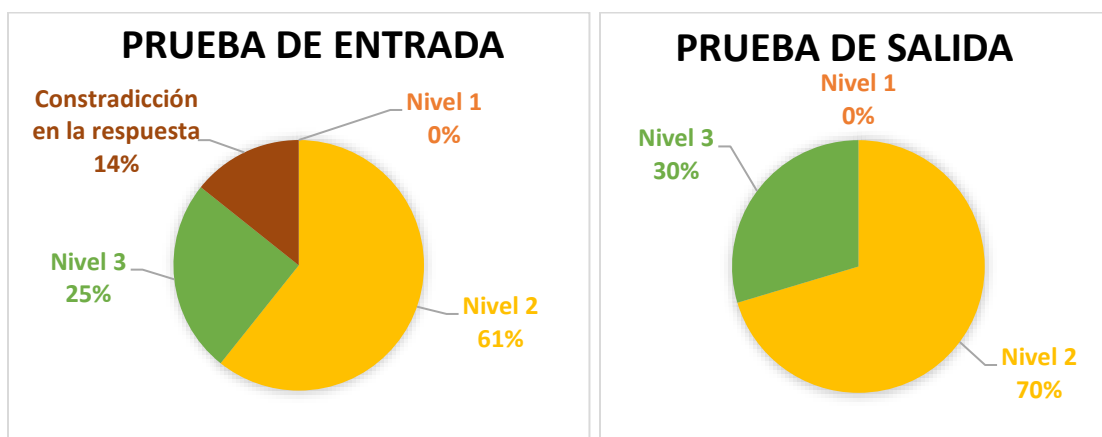
En la figura 10, se puede observar que hay un pequeño movimiento de estudiantes del nivel 1 al nivel 2, según la rúbrica de habilidades de pensamiento (Apéndice D), esto quiere decir que al final todos los estudiantes pudieron identificar el comportamiento cambiante del nivel del agua dentro del vaso a lo largo del tiempo y relacionarlo con el comportamiento creciente de la gráfica, así como establecer que una vez lleno el vaso este permanece en este estado (segmento constante de la gráfica de la situación 1). También se observa que un grupo pequeño de estudiantes pasó del nivel 2 al nivel 3, lo cual significa que además de identificar la variación en el nivel del agua

dentro del vaso, determinaron que el flujo de entrada de agua al vaso, por medio del grifo, fue cambiando en el tiempo, iniciando en un flujo alto (crecimiento rápido en la gráfica de la situación 1) y cuando se acercaba al nivel máximo el flujo disminuía (crecimiento lento en la gráfica de la situación 1), como se observa en la siguiente respuesta, “es la a porque cada vez que sube el agua, va disminuyendo el flujo de agua para que no se riegue”, “por que el vaso estaba vacío, como el está en cero (0), si abrimos la llave, el vaso se va llenando poco a poco y esto va llegando hasta 100... ”.

En la segunda situación se evaluó el pensamiento causal, donde se evidenciaron los siguientes resultados.

### Figura 11.

*Comparación situación 2 niveles de desarrollo en el pensamiento causal*



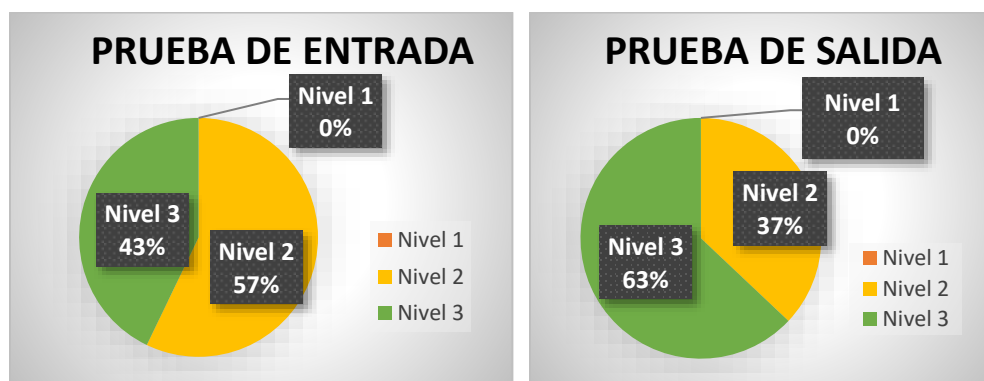
En la figura 11 se aprecian algunos cambios respecto al desarrollo de esta habilidad de pensamiento, un primer cambio se observa en la prueba de salida, ya no hay estudiantes que escriben respuestas con afirmaciones confusas o que se contradicen en sus argumentos, estos estudiantes probablemente pasaron al nivel 2, lo cual significa que todos los estudiantes reconocen que las causas del comportamiento están dentro del sistema y que estas causas son las que determinan el comportamiento observado en las imágenes de la situación. El segundo cambio

observado consiste en el movimiento de estudiantes al nivel 3, pasando de un 25% a un 30%, esto es importante puesto que implica que no solo el estudiante reconoce causas en el comportamiento de la situación planteada, que están dentro del mismo sistema, sino que además describe la forma en como estas causas generan ciertos comportamientos en el mismo, lo cual se puede apreciar en las siguientes repuestas: “*porque había un ladrillo de más y por eso le ganó el peso y se bajó*”, “*porque la caja C pesa igual que tres bloques y que la caja B pesa menos que la caja C, por lo tanto cuatro bloques pesan más que la caja C*”.

La habilidad de pensamiento operacional se evaluó por medio de la situación 3, en donde se evidenciaron los siguientes resultados.

### Figura 12.

*Comparación situación 3 niveles de desarrollo en el pensamiento operacional*

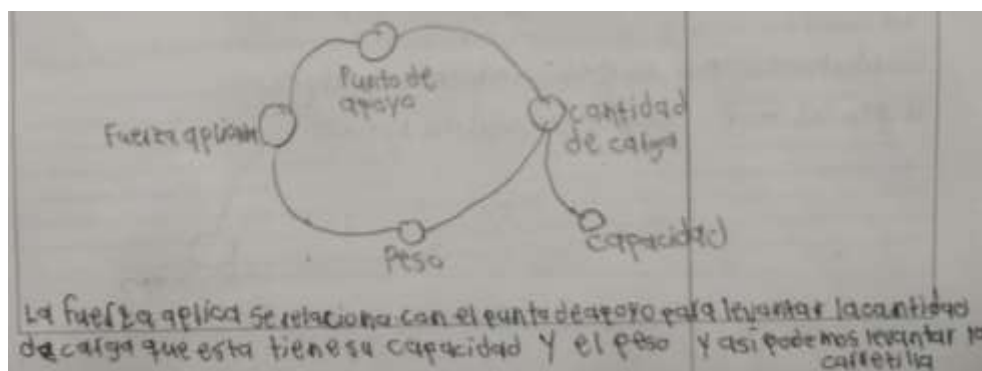


En la figura 12 se observa que el porcentaje de estudiantes en el nivel 2 disminuye y aumenta el porcentaje de estudiantes en el nivel 3, esto implica que además de identificar diferentes elementos que intervienen en el sistema, también logran establecer relaciones entre dichos elementos, las cuales determinan el comportamiento del sistema. En la situación planteada los estudiantes encontraron elementos como: la fuerza aplicada por la persona, el peso ejercido por la carga, el punto de apoyo o el agarre (brazo de palanca), la altura de la base, resistencia y el área

del platón. Estableciendo algunas relaciones como se observa a continuación: “la persona y la fuerza están unidos, por lo tanto se permite el levantamiento del peso que es la carretilla y la tierra”, “una persona hace fuerza y tiene peso, pero lo carga con la cerretilla, la cerretilla lleva la tierra y la gravedad”, “la fuerza aplicada se relaciona con el punto de apoyo para levantar la carga que esta tiene, su capacidad y peso y así podemos levantar la carretilla”.

### Figura 13.

Ejemplo de esquema mental elaborado por un estudiante (pensamiento operacional)



En términos generales se observa que hay un avance significativo en el desarrollo de las tres habilidades de pensamiento evaluadas, teniendo en cuenta el tiempo que duró la experiencia. También es importante resaltar que no en todos los estudiantes se da un avance importante en dichas habilidades, puesto que hay un grupo considerable de estudiantes que se mantienen en el nivel 2 de cada habilidad, además en el registro de la observación de la experiencia (diarios de campo), el docente investigador resalta que no todos los estudiantes participaron de forma activa en cada una de las sesiones, siendo éste un elemento importante para determinar el grado de desarrollo de las habilidades. Esto puede deberse entre otros factores con la mentalidad formada en los estudiantes, en la cual no es válido equivocarse al momento de expresar la ideas o considerar que lo que el estudiante piensa es igual a lo que expresó otro compañero y por eso no participan.

## 5.2 Análisis de las grabaciones, diarios de campo y actividades investigativas

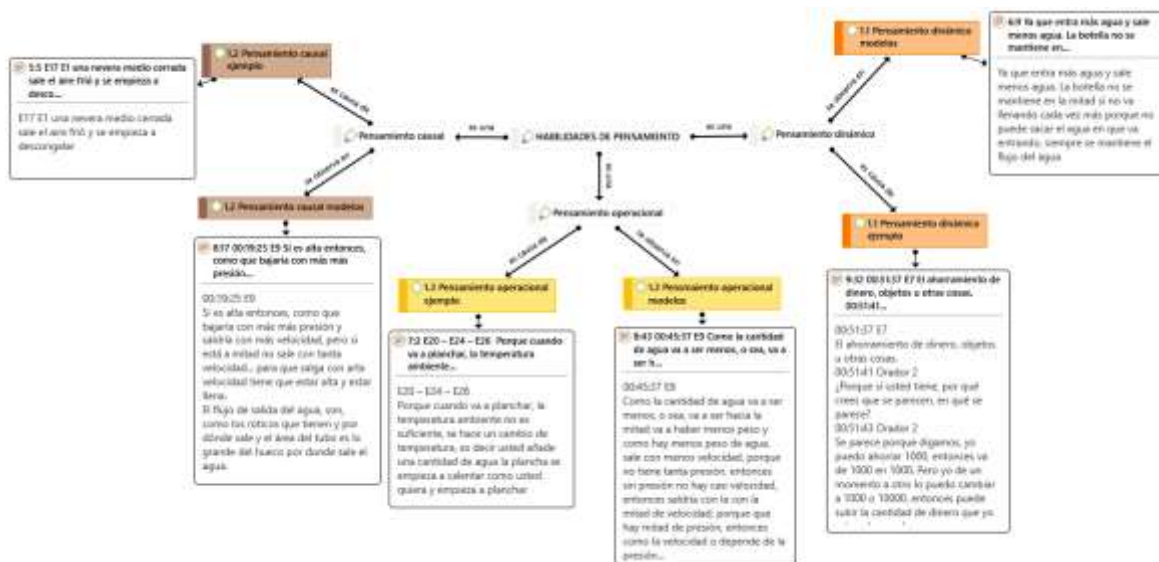
A continuación se describen cuatro (4) redes semánticas obtenidas en el análisis categorial con la información recolectada durante la experiencia. Estos datos consisten en diarios de campo elaborados por el docente, transcripciones de grabaciones, formatos para el registro de actividades de experimentación e interpretación, formulación de ejemplos de sistemas por parte del estudiante y entrevistas realizadas una vez concluida la aplicación de la secuencia didáctica.

### 5.2.1 Habilidades de pensamiento

Una de las categorías principales que emergió durante la experiencia consistió en la presencia de las tres (3) habilidades de pensamiento.

**Figura 14.**

*Categoría de habilidades de pensamiento*



En la anterior figura se observa la presencia de la habilidad de pensamiento dinámico, la cual estuvo presente en las interpretaciones que realizaban de los modelos. En esta primera habilidad los estudiantes hicieron referencia a los cambios que ocurren en el sistema a lo largo del tiempo, pero además identificaron la forma como se presentaban dichos cambios e incluso algunos

estudiantes identificaban la razón por la cual se producían dichos cambios. Esto se observa en la descripción que realiza el siguiente estudiante.

*D6-00:08:53-E20: Ya que entra más agua y sale menos agua, la botella no se mantiene en la mitad, si no va llenando cada vez más porque no puede sacar el agua que va entrando, siempre se mantiene el flujo del agua.*

Allí se aprecia como el nivel del agua dentro de la botella va incrementando a medida que pasa el tiempo, debido a que hay un flujo de entrada mayor que el de salida.

Otra habilidad reflejada en las participaciones de los estudiantes fue el pensamiento operacional, en la cual los estudiantes mencionaron algunos elementos de los sistemas (partes y mecanismos), logrando establecer relaciones entre los mismos, pero además cuando se hicieron cambios (proceso de simulación) en uno o en varios de los elementos, lograron determinar cómo dichos cambios generaban un comportamiento particular del sistema. Un ejemplo de ello se aprecia en la siguiente explicación de uno de los estudiantes.

*D8-00:45:37-E9: Como la cantidad de agua va a ser menos, o sea, va a ser hacia la mitad va a haber menos peso y como hay menos peso de agua, sale con menos velocidad, porque no tiene tanta presión, entonces sin presión no hay casi velocidad, entonces saldría con la con la mitad de velocidad, porque que hay mitad de presión, entonces como la velocidad depende de la presión...*

En ella se observa que el sistema contempla varios elementos como el nivel del agua, la altura, la velocidad y la presión, estableciendo relaciones de influencia entre las mismas.

Una última habilidad que se identificó fue la del pensamiento causal, la cual fue importante, porque permitió a los estudiantes identificar las causas reales, así como la influencia de estas causas

en las diferentes dinámicas de comportamientos del sistema, esto se observa en el siguiente fragmento.

*D8-00:19:25-E9: Si es alta entonces, como que bajaría con más más presión y saldría con más velocidad, pero si está a mitad no sale con tanta velocidad... para que salga con harta velocidad tiene que estar alta y estar llena.*

Allí se destaca que el estudiante identificó la presión, como la causa principal para que un recipiente se vacíe rápido o despacio, es decir que la presión determina la velocidad de salida del agua del recipiente, y esta a su vez depende la altura y el nivel del agua.

Pero no solamente se dieron interpretaciones de los modelos abordados en las sesiones, sino que además algunos estudiantes propusieron ejemplos de sistemas que ellos identificaban en su entorno y que representaban comportamientos similares a los prototipos presentados en clase.

*D9-00:51:37-E7: “El ahorramiento de dinero, objetos u otras cosas”.*

*00:51:41 D: “¿... por qué crees que se parecen, en qué se parecen”.*

*00:51:43 E7: “Se parece porque digamos, yo puedo ahorrar 1000, entonces va de 1000 en 1000. Pero yo de un momento a otro lo puedo cambiar a 1000 o 10000, entonces puede subir la cantidad de dinero que yo estoy ahorrando”.*

En este ejemplo propuesto, se observa un comportamiento dinámico, en el cual la cantidad de dinero ahorrado aumenta en el tiempo, pero además el estudiante destaca que el flujo de entrada puede variar en la medida en que se cambia la cantidad de dinero que se desea ahorrar, así como el tiempo que demore ahorrando.

En la habilidad de pensamiento operacional, uno de los ejemplos que propusieron, fue el siguiente sistema, *D7-E9: “El hielo está a una temperatura baja y a la hora de sacar el hielo al ambiente la temperatura del ambiente es más alta por lo tanto el hielo se descongelará”*

El estudiante identificó dos elementos en el sistema, como, la temperatura del hielo y la temperatura ambiente, pero además estableció la relación entre las dos temperaturas, lo que ocasiona que se descongele el cubo de hielo.

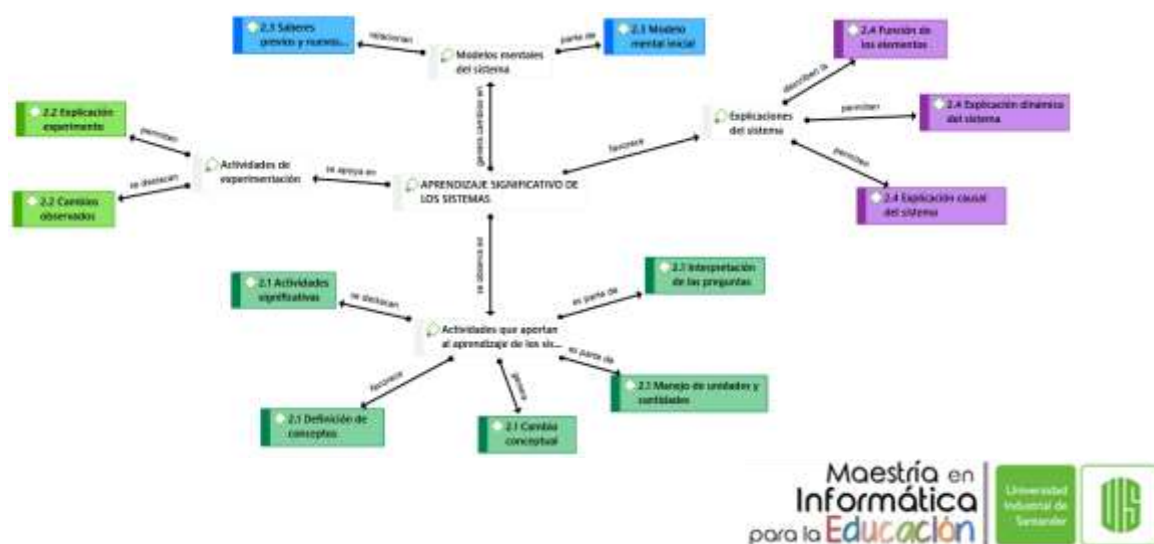
En la habilidad de pensamiento causal, un grupo de estudiantes plantearon el siguiente ejemplo de sistema, *D5-E17, E1*: “una nevera medio cerrada sale el aire frio y se empieza a descongelar”, En el cual aunque las estudiantes no describen la causa del sistema, se puede interpretar que la causa por la cual se empieza a descongelar la nevera, obedece a la diferencia entre la temperatura al interior de la nevera y la temperatura ambiente.

En cuanto a los ejemplos propuestos se resalta la habilidad que tuvieron los estudiantes para pensar en los sistemas que observan a su alrededor y relacionarlos con los modelos presentados en clase, tratando de construir explicaciones de los mismos; primero teniendo en cuenta el comportamiento que ellos observan, segundo identificando elementos y estableciendo relaciones y por último determinado las causas que generan dichos comportamientos, así como las condiciones específicas del sistema.

### 5.2.2 Aprendizaje significativo de los sistemas

**Figura 15.**

*Categoría de aprendizaje significativo de los sistemas*



En esta segunda categoría se resalta el aprendizaje de los sistemas tecnológicos, que surgió durante la experiencia. En la figura 15 se observa que hubo actividades que permitieron aportar a la comprensión de los sistemas y guiar el aprendizaje, como por ejemplo la definición de los conceptos relacionados con el sistema, en la siguiente cita, *D11-00:35:55-E20*: “*Es cuando uno lanza un objeto hacia arriba y el centro de la tierra lo hace ir hacia abajo*”, el estudiante definió desde su experiencia propia lo que comprendía por el concepto de gravedad, el cual es importante dentro del sistema del inodoro. Pero esa definición se ampliaba o modificaba una vez se confrontaba con los conceptos abordados desde el punto de vista de la teoría científica, como se observa en la siguiente cita, *D2-E26*: **Antes pensaba:** “*No lo sé*”, **Ahora pienso:** “*Solamente se activa cuando el agua pasa el nivel de la curva, en eso interviene la gravedad*”, en donde se evidencia un cambio conceptual importante en el estudiante, cuando se le pregunta acerca del efecto sifón. Estos cambios se observaron en otros participantes y con conceptos diferentes o explicaciones de mecanismos y principios científicos que intervienen en el sistema. También se evidenció el manejo de las unidades y cantidades en cada uno de los prototipos, como lo señala un estudiante en la siguiente participación, *D6-00:29:02-E23*: “*2500 cm<sup>3</sup>*”, *D*: *¿O sea cuántos litros?*, *E23*: “*2 Litros y medio*”, Se aprecia que el estudiante conoce las unidades de medida del volumen de agua en el tanque y además realiza la conversión entre mililitros y litros, esto mediado por la pregunta que realiza el docente. Se resalta este elemento porque el estudiante establece un punto de partida del nivel de agua en el sistema, para que de esta manera pueda compararlo más adelante y saber si hubo algún cambio.

También sobresalieron algunas actividades que los estudiantes consideraron importantes para la comprensión de los sistemas, una de ellas fue la interpretación del diagrama de influencias. Esto lo destacó un estudiante de la siguiente manera:

*D13-00:02:06-E9: pues en el tema del inodoro la que más me facilitó fue el dibujito en el que están todas las partes (diagrama de influencias) y el video creo que miramos un video, pues porque ahí le fueron indicando los funcionamientos de cada de cada parte de del tanque del inodoro.*

En la cual reconoce que el diagrama de influencias junto con el video, le permitieron tener una comprensión de los elementos y del sistema en general.

Además de las actividades significativas ya mencionadas, los modelos mentales de los estudiantes fueron importantes en el desarrollo de la experiencia, puesto que establecieron el punto de partida en la secuencia didáctica, así como en cada una de las sesiones de trabajo, un ejemplo de modelo mental se expone a continuación.

*D18-00:40:33-E9: Que funciona de una manera muy sencilla. Hay una manguera que llena el tanque de agua cada vez que está vacío, pero en ese tanque, hay como una bolita que no permite que el tanque suba más de su nivel debido y cuando se baja la palanca, se levanta el tapón y pasa por una manguera o por un tubo hasta la parte de abajo del baño y se divide por varios sectores de la taza. Se hace como un remolinito y baja por el tubo de abajo y llega a las agua negras.*

En ella se observa que el estudiante tenía una idea amplia del funcionamiento del sistema del inodoro, visto éste como un proceso en el cual intervienen diferentes elementos, a los que el estudiante referenció, pero además estableció una secuencia del proceso relacionando cada elemento con la siguiente etapa, hasta completar su explicación. También se resalta que en la explicación hace referencia a las acciones que ocurren dentro del sistema, como el llenado del tanque, pero desde una mirada estática, dando a entender que el flujo de entrada de agua al tanque es constante hasta que el agua llega a su nivel máximo, lo cual en el sistema real no ocurre así y

tampoco mencionó algunos principios científicos o tecnológicos que pudieran dar mayor claridad en su explicación.

Una vez definidos los modelos mentales iniciales, se desarrollaron actividades de experimentación, en las cuales los estudiantes pudieron observar algunos cambios en el comportamiento del sistema, tal como se observa en la siguiente cita, *D8-00:11:55-E24*: “*Cambió, porque el nivel del agua bajó y los chorros ya no tenían la misma presión*”, al referirse a la distancia que alcanzaba el flujo de salida (chorro), mientras se vaciaba la botella. Esta dinámica de cambio fue importante; en primera instancia porque surgió el concepto de presión, el cual es relevante en el comportamiento del sistema y también por el tipo de relación que estableció el estudiante entre el nivel de agua dentro de la botella; la distancia que alcanzaba el flujo de salida del agua (chorro) y la presión. Esto repercutió en el modelo mental inicial, así como en la comprensión del fenómeno por medio de los diagramas de influencias y el de flujo-nivel.

Con los experimentos los estudiantes pudieron plantear sus hipótesis acerca de las causas por las cuales se observaba dicho comportamiento, como lo explicó el siguiente estudiante, *D8-00:13:47-E17*: “*Se vació más rápido cuando tenía los 3 orificios, porque había más lados por donde desocuparse y duró un minuto y 20 segundos*”, el cual considera que cuando el recipiente se estaba desocupando, este lo hacía más rápido con los tres orificios, que en los casos en que tenía menos orificios de salida de agua, adicionalmente comparó el tiempo que tardó en desocuparse el recipiente con respecto al tiempo que tardó con uno y dos orificios y de esta manera justificar su hipótesis.

Con la interpretación de los experimentos, los estudiantes construyen explicaciones guiados por los diagramas de influencias y la actividad de simulación. Estas explicaciones en un principio se basaban en la identificación de elementos y su función dentro del sistema, como se

observa en la siguiente cita, *D11-01:00:01-E9*: “*De que el agua no pase.... más de lo que el llenado lo que esté permitido llenar, porque si no estuviera la boya se regaría el agua...*”, en la cual el estudiante explica la función de la boya dentro del tanque del inodoro y plantea un posible escenario en el cual sin este elemento del control, el sistema tendría un comportamiento diferente.

En el transcurso de las sesiones, en el trabajo con los prototipos, los estudiantes fueron construyendo explicaciones con un mayor nivel de profundidad, no solo observado en una mayor cantidad de elementos sino que además, incluían comportamientos cambiantes del sistema, en el transcurso del tiempo, tal como lo manifestó una estudiante.

*D3-00:18:49-E17*: *Muestra el proceso de llenado y vaciado, porque al principio estaba en cero que está llenando otra vez y el segundo 15, ya está lleno y del 15 al 33 va lleno y del 33 hacia adelante, se está vaciando otra vez el tanque.*

La cual afirmó que la gráfica que estaba observando en la simulación correspondía al llenado y vaciado del tanque del inodoro, es decir hubo una interpretación de las gráficas a lo largo del tiempo, pero además identifica los cambios cualitativos de la misma y los relaciona con un comportamiento del sistema que ya conocía previamente.

Además de las explicaciones del comportamiento cambiante del sistema, también se reflejaron explicaciones que se enfocaba en exponer las causas de los comportamientos de los sistemas, un ejemplo de ello es:

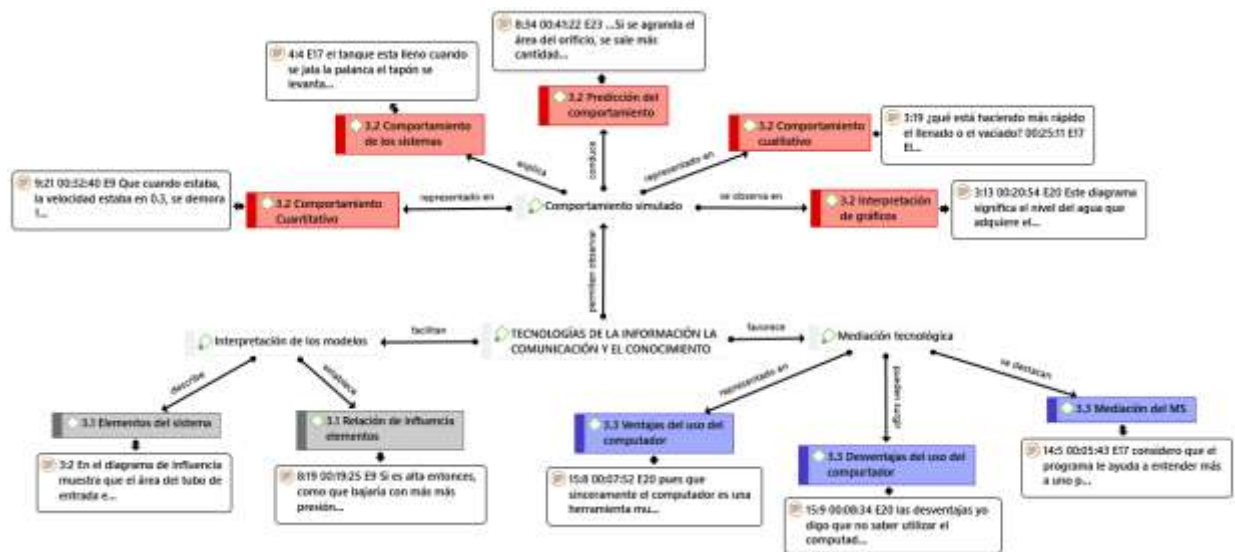
*D8-00:16:34-E9*: *Yo digo que pues el de abajo botaba más agua y cada vez que disminuía más el nivel del agua, se hacía más pequeño el chorro por lo que ya no bajaba tanta presión del agua, porque ya había menos peso entonces salía con menos velocidad y al tener menos velocidad llega más cerquita.*

Se observa en esta explicación que el estudiante determinó como causa principal del comportamiento del vaciado del recipiente, el peso del agua, el cual influyó en la presión generada, que a su vez determinó la velocidad con que salía el agua.

### 5.2.3 Tecnologías de la información, la comunicación y el conocimiento en el MS

Figura 16.

Categoría tecnologías de la información, la comunicación y el conocimiento



Las TICC resultaron por su papel mediador en las interpretaciones y la posibilidad para construir explicaciones del comportamiento de los sistemas tecnológicos abordados en la experiencia, tal como se representa en la figura 16.

En primera instancia se observó que la interpretación de los diagrama de influencias (diagramas causales), fueron importantes no solo para identificar los diferentes elementos que intervienen en el comportamiento del sistema, sino además para establecer las relaciones de influencia entre los mismos, como se aprecia en el siguiente ejemplo.

*D8-00:19:54-E23: El área base es lo ancho que es la botella, la altura, la altura del agua, como es de alto la botella, cantidad de agua si está al 50% está al 100%. El flujo de salida*

*del agua, depende que hueco sea, sea grande o chiquito. Área del tubo que anchura tiene el hueco, velocidad de salida que es a que presión está, si está con presión o sin presión.*

El estudiante menciona cada uno de los elementos contemplados en el prototipo del inodoro, con la respectiva explicación de la función que cumple dentro del sistema y además establece la relación de influencia entre el área del tubo y el flujo de salida.

Una vez comprendido el diagrama de influencias, los estudiantes realizaron actividades de simulación, las cuales permitieron ampliar la comprensión. Una de las actividades relevante fue la interpretación de gráficas generadas por el software, como se aprecia a continuación.

*D3-00:20:54-E20: Este diagrama significa el nivel del agua que adquiere el tanque, entonces en un momento subió el nivel del agua, más o menos toda la cantidad del agua se llena entre 15 a 20 segundos, y con la cantidad de agua del tanque, más o menos de 4200. Por un tiempo se mantiene lleno hasta digamos hasta el límite y luego cuando uno va a bajar el sanitario, que uno oprime la cisterna, ya va bajando hasta quedar en cero y eso pasa más o menos en 50 segundos.*

En la cual el estudiante describe lo que observa en la gráfica generada luego de la simulación, haciendo énfasis en la dinámica de comportamiento del sistema del inodoro, desde dos perspectivas que se relacionan; una es el comportamiento cuantitativo que se aprecia al incluir en su explicación los segundos que tarda en llenarse, vaciarse y el volumen de agua máximo alcanzado y la segunda es el comportamiento cualitativo en la cual logra relacionar el comportamiento creciente de la gráfica con el llenado del tanque, el comportamiento decreciente de la gráfica con el vaciado del tanque y el comportamiento constante (línea horizontal en la gráfica) cuando el tanque permanece lleno a la espera de ser vaciado.

La explicación a la pregunta problémica que construyeron los estudiantes, fue un elemento relevante al finalizar la experiencia, puesto que en ella se aprecia la comprensión que alcanzaron los estudiante, respecto al comportamiento del sistema, además porque refleja los cambios que se dieron en los modelos mentales, así como las habilidades de pensamiento desarrolladas, un ejemplo de explicación se observa a continuación.

*D4-E17: El tanque está lleno cuando se jala la palanca, el tapón se levanta, el agua sale a la taza donde se llena y pasa al sifón y luego a la alcantarilla para llenarse. La falta de presión de agua tapa el tapón y el tanque se empieza al llenarse; si se llena rápido o lento depende de área del tubo y la presión del agua y si se desocupa rápido también del tubo si es grande o pequeña el are del tubo de salida.*

Allí también se aprecia la capacidad de los estudiantes para predecir el comportamiento del sistema; si se hacen cambios por ejemplo en el flujo de entrada de agua, variando el área del tubo que permite el ingreso del agua; así como los cambios en el flujo de salida cuando se modifica el área del tubo que permite el paso de agua a la taza.

La mediación tecnológica también fue considerada un elemento importante para comprender los sistemas tecnológicos, en especial la mediación que se da con el modelado y simulación, como se menciona a continuación, *D14-00:05:43-E17: “Considero que el programa le ayuda a entender más a uno porque lo deja hacer varios cambios para ver qué sucede”*, en donde el estudiante resalta el papel de la simulación en la comprensión de los sistemas, por medio de los diferentes escenarios que se pueden generar en el software Evolución. Aquí también se resalta la importancia del computador en los procesos de aprendizaje, en actividades como el trabajo con programas que facilitan el aprendizaje.

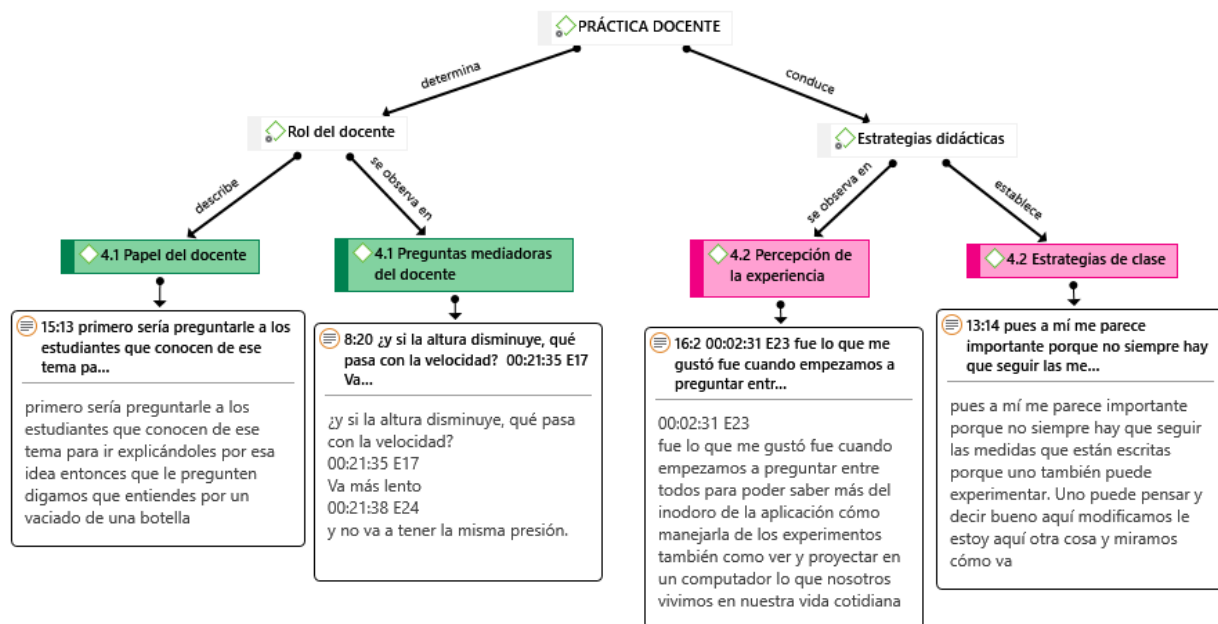
*D15-00:07:52-E20: pues que sinceramente el computador es una herramienta muy importante, que a veces hay que entender que no solo el computador es para juegos si no hay un mundo aplicaciones que uno puede utilizar para hacer todo tipo de gráficas modelos y que uno por esas por esos modelos y gráficas pueden tener funcionamiento de cualquier cosa, el inodoro el vaciando una botella de la plancha todo no puede entender por medio de esas aplicaciones y así uno ampliar su mentalidad más y su conocimiento.*

Pero así mismo tiene desventajas, al ser un elemento que puede generar distracción en los estudiantes, tal como lo comenta un estudiante. *D13-00:06:29-E9: "...y las desventajas serían por ejemplo que los algunos estudiantes del salón se pongan a jugar se pierden de las clases eso...",* haciendo referencia a algunos compañeros que en medio de las sesiones, jugaban en el computador.

#### 5.2.4 Práctica docente

### Figura 17.

#### Categoría práctica docente



En la figura anterior se resalta la práctica docente como un elemento importante en el proceso de construcción de explicaciones de algunos sistemas tecnológicos, esta práctica determina la función que cumple el docente dentro del proceso, la cual se pudo apreciar en las preguntas que planteó a los estudiantes, con un enfoque mediador. Es decir que buscaba develar por un lado los modelos mentales de los estudiantes y de esta manera saber si se estaba dando una comprensión del sistema, también los invitaba a pensar en otros posibles escenarios de simulación, donde las condiciones del sistema varían un poco y con base en ello predecir su comportamiento, finalmente con las preguntas se buscó que el estudiante fuera partícipe de la experiencia, para que de esta manera pudiera construir sus explicaciones. Esto se observa en la siguiente cita.

*D8-00:21:3-D: “¿y si la altura disminuye, qué pasa con la velocidad?”.*

*00:21:35 E17: “Va más lento”.*

*00:21:38 E24: “y no va a tener la misma presión”.*

*00:21:57 D: “¿Ahora si nosotros hacemos un orificio de mayor tamaño que pasará?”.*

*00:22:29 E9: “Se demorará menos en vaciar la botella”.*

Pero no solo fueron las preguntas mediadoras, sino que además se observó que los estudiantes consideraron que el docente debería de cumplir otras funciones, como por ejemplo establecer como punto de partida para el aprendizaje los conocimientos que ya posee el estudiante acerca del sistema, *D15-00:09:17-E20: “primero sería preguntarle a los estudiantes qué conocen de ese tema para ir explicándoles por esa idea, entonces que le pregunten digamos qué entiendes por un vaciado de una botella”*, pero este no es el único elemento mencionado, también se hizo énfasis en la importancia de que el docente realice explicaciones o aclaraciones tanto del tema como de las actividades de experimentación y simulación. También surge un comentario acerca de la participación de un estudiante en repetidas ocasiones, que según la interpretación de los

compañeros los deja sin ideas para expresar, lo cual fue importante establecer la estrategia de darle el turno de participación primero a otros compañeros del grupo.

Pero no solo resaltó el papel del docente, la práctica que realiza condujo a implementar algunas estrategias didácticas que permitieron interpretar y comprender el sistema del tanque del inodoro, a través de cada uno de los prototipos de simulación. Los estudiantes resaltaron estrategias como actividades de experimentación y su respectiva reflexión, la interpretación de los modelos a partir del diagrama de influencias o la simulación por medio del software Evolución. Esta última actividad la destacó un estudiante en la siguiente respuesta.

*D13-00:09:37-E9: ... pues a mí me parece importante porque no siempre hay que seguir las medidas que están escritas porque uno también puede experimentar. Uno puede pensar y decir bueno aquí modificamos esto y aquí otra cosa y miramos cómo va.*

En ella se observa que el estudiante estaba haciendo referencia a la etapa de simulación usando el diagrama flujo - nivel del modelo, en el cual a partir de las variaciones que realizó a los niveles o los parámetros, se obtenía un escenario diferente de simulación y por ende un comportamiento específico del sistema.

En la percepción de los estudiantes acerca de la experiencia también se observó la importancia de las estrategias usadas en el desarrollo de la secuencia didáctica, resaltando actividades como las preguntas iniciales de los modelos, la participación basada en preguntas orientadoras, el estudio del comportamiento de un sistema conocido por la mayoría de los estudiantes, las actividades de experimentación, el modelado y simulación con dinámica de sistemas a través del software Evolución. Esto se aprecia en la siguiente intervención de un estudiante.

*D16-00:02:31-E23: Fue lo que me gustó fue cuando empezamos a preguntar entre todos para poder saber más del inodoro de la aplicación cómo manejarla de los experimentos también como ver y proyectar en un computador lo que nosotros vivimos en nuestra vida cotidiana.*

## **6. Discusión de resultados**

En el estudio realizado se planteó generar una propuesta para favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento dinámico, operacional y causal, involucrando la dinámica de sistemas y otros recursos TICC, que facilitaran la construcción y reconstrucción de explicaciones acerca del comportamiento dinámico de algunos sistemas tecnológicos. En el análisis realizado se identificaron categorías relacionadas con las prácticas educativas y la forma como estas pueden promover en los estudiantes habilidades necesarias para desarrollar aprendizajes.

Una de estas categorías está relacionada con el aprendizaje, en la cual los modelos mentales cumplieron un papel muy importante, debido a que además de haber permitido conocer inicialmente las representaciones mentales que tenían los estudiantes del sistema, facilitó realizar actividades de razonamiento en cada una de las sesiones que les condujo a comprender dichos sistemas y de esta manera formular sus propias explicaciones, al respecto Rodríguez (2005) indica que “el razonamiento se lleva a cabo con modelos mentales, la mente humana opera con modelos mentales como piezas cognitivas que se combinan de diversas maneras y que "re-presentan" los objetos y/o las situaciones, captando sus elementos y atributos más característicos” (p.7). Es decir que los modelos mentales fueron cambiando a lo largo de las sesiones, generando nuevas relaciones con los elementos no contemplados en el modelo mental inicial.

Las actividades de experimentación también fueron relevantes en esta categoría, debido a que en ellas los estudiantes pudieron observar el fenómeno y realizar algunas modificaciones, establecer los cambios que ocurrían en el mismo, reflexionar acerca de lo observado por medio de las preguntas orientadoras que realizaba el docente, como lo indica (Andrade Sosa et al. ,2014) al referirse sobre los experimentos “con estos el profesor pretende que el estudiante tenga una vivencia que le permita ver nuevos elementos para su aprendizaje orientado por la pregunta guía” (p.166), así como realizar las comparaciones entre los comportamientos observado en el experimento y los observados más adelante en la simulación del sistema.

Además de experimentos realizados, otras actividades fueron relevantes en el aprendizaje, como la interpretación de los conceptos relacionados con los sistemas, los cambios conceptuales generados por la rutina de pensamiento “antes pensaba- ahora pienso”, la interpretación de las preguntas, las cuales contribuyeron a la construcción de explicaciones no solo enfocadas en el funcionamiento del sistema, sino que además establecían las causas que generaban los comportamientos dinámicos, es decir tener una visión más amplia y con mayor cantidad de elementos del sistema.

Este conjunto de actividades mencionadas permitió desarrollar un aprendizaje que fue significativo, sobre el sistema de inodoro y sus prototipos asociados, en cuanto que partió de los saberes previos y las representaciones mentales que ya tenían (momento 2: explorando modelos mentales), dando claridad y asimilando los conceptos y principios relacionados con el sistema y sus explicaciones (momento 3: estudiemos el sistema), así como observando experimentos, explicando las relaciones causales del sistema e interpretando su comportamiento por medio del modelado y la simulación (momento 4: exploremos explicaciones) para que de esta manera construyeran explicaciones las cuales fueron evolucionando, en este sentido:

Un aprendizaje es significativo cuando puede incorporarse a las estructuras de conocimiento que posee el sujeto, es decir cuando el nuevo material adquiere significado para el sujeto a partir de su relación con conocimientos anteriores. Para ello es necesario que el material que debe aprenderse posea un significado en sí mismo, es decir, que haya una relación no arbitraria o simplemente asociativa entre sus partes. (Pozo, 1989, p. 33).

En este punto es importante aclarar que no todos los estudiantes lograron el mismo nivel de aprendizaje, en cuanto a que en los argumentos expuestos no se observó una gran evolución de sus modelos mentales, reflejada en las explicaciones que realizaban del comportamiento de cada uno de los prototipos del sistema.

Un factor relevante que dio paso al aprendizaje significativo, fue el fortalecimiento de las habilidades de pensamiento en varios estudiantes, teniendo en cuenta que en las explicaciones que realizaban de los prototipos abordados, reflejaban una comprensión más amplia, observada tanto en la cantidad de elementos que incluían, las relaciones entre estos elementos, los comportamientos identificados y la predicción que realizaban de los mismos, al respecto de las habilidades de pensamiento sistémico:

Se pueden considerar las habilidades de pensamiento sistémico como un subconjunto de las habilidades de pensamiento crítico que ayudan a los individuos a hacer inferencias fiables sobre el comportamiento mediante el desarrollo de una comprensión cada vez más profunda de la estructura subyacente. (Plate & Monroe, 2014, p.1).

Pero además unos pocos estudiantes lograron proponer otros modelos de sistemas con comportamientos similares en cada una de las tres habilidades de pensamiento abordadas, dichos estudiantes fueron los que mayor participación tuvieron durante cada una de las sesiones, lo cual

refleja que un factor que incide positivamente en el desarrollo de habilidades de pensamiento, es la posibilidad de expresar sus ideas, debatirlas y controvertirlas por medio de preguntas.

Una de las primeras habilidades de pensamiento en la que se observó un avance significativo, consistió en el pensamiento dinámico, que permitió a los estudiantes generar un cambio en las interpretaciones de los sistemas, pasando de tener una visión estática del mismo a una visión en la cual el sistema puede presentar variaciones en el tiempo, como lo afirma Dorani et al., 2015 “un pensador dinámico es aquel que puede notar cambios graduales y percibir con éxito tendencias y patrones de comportamiento que se extienden en el tiempo”.

Ligada al pensamiento dinámico, una segunda habilidad de pensamiento que aportó a la comprensión del sistema fue el pensamiento operacional, la cual se observó en los elementos que los estudiantes contemplaron para sus explicaciones, así como las relaciones que lograron establecer entre los mismos, como lo indica Richmond (1993) “Pensar operacionalmente significa pensar en términos de cómo funcionan realmente las cosas, no en cómo funcionan teóricamente, o cómo se podría crear un poco de álgebra capaz de generar resultados de aspecto realista” (p.127).

Relacionada con el pensamiento operacional, la habilidad de pensamiento causal también tuvo un papel relevante en la comprensión del sistema, en especial para determinar las causas principales que generaban los comportamientos del mismo y por medio de estas establecer algunos efectos resultantes, en este sentido (Andrade Sosa et al. ,2014) indica que, “En un sentido más amplio, comprende la idea de influencia para contemplar tanto lo que se puede definir como causa, así como las condiciones necesarias para que se dé cierta dinámica de comportamiento del fenómeno” (p.46). Esta fue una de las habilidades que mayor progreso tuvo en cuanto a que por medio de las preguntas orientadoras del docente se enfocaba en que los estudiantes pudieran determinar las relaciones causales y los efectos generados para cada prototipo.

Otro elemento importante en la comprensión de los sistemas tecnológicos, fue el papel mediador de las TICC a través del modelado y simulación con dinámica de sistemas, con actividades como la interpretación de los diagramas de influencia (modelado), así como la comprensión y experimentación usando el diagrama flujo-nivel (simulación), como lo destaca el autor al referirse acerca de las tecnologías para el modelado y simulación:

Los estudiantes utilizan estas herramientas para realizar determinados experimentos. Estas herramientas son en realidad sustitutos del mundo real. Por eso se denominan micromundos. Los experimentos en los micromundos pueden repetirse fácilmente utilizando parámetros, variables y escenarios alternativos. Esto permite al estudiante ver cómo funciona la dinámica del sistema, experimentándolo en el mundo virtual. (Hasret & Nuhoglu, 2007, p.2).

Estas tecnologías posibilitaron en los estudiantes la comprensión tanto de cada uno de los prototipos, así como el sistema en general y de esta manera construir una explicación que diera respuesta a la pregunta problémica que orientó el desarrollo de la experiencia, así como expone (Skaza et al., 2012) al indicar que “El aprendizaje con una simulación es útil para desarrollar la comprensión del alumno porque le permite simular el comportamiento de sistemas que son demasiado complejos para atacarlos con las matemáticas convencionales, las descripciones verbales o los métodos gráficos" (p.6). Es importante aclarar que en un pequeño grupo de estudiantes no se observó una comprensión amplia, debido a causas como por ejemplo, la baja participación durante de la experiencia, pero también como algunos estudiantes del grupo lo mencionaron en las entrevistas, el computador se usaba para jugar, generando distracción.

Para finalizar y no menos importante, una de las categorías que emergió fue la práctica docente en la cual las preguntas orientadoras que realizaba el docente cumplió un papel

preponderante para que los estudiantes no solo comprendieran cada una de las actividades que se realizaban (experimentación, lectura de modelos, simulación e interpretación de gráficas de resultados), sino que además permitieran orientar el proceso de aprendizaje y también propiciar un espacio para reestructurar los modelos mentales que los encaminara a reconstruir sus explicaciones, como lo resalta Andrade Sosa y Gómez Flórez (2009) al referirse al papel actual del docente “El profesor pasa de ser el único transmisor de conocimiento a ser un guía que ayuda al estudiante a desarrollar las habilidades para construir su propio conocimiento” (p.191).

Además del rol docente, la secuencia de actividades también jugó un papel determinante en la comprensión tanto de los prototipos de simulación como del sistema, al tener en cuenta en un primer momento los modelos mentales de los estudiantes, basado en la pregunta problémica, pasando al estudio de los conceptos claves del sistema, y de esta manera dar paso a la experimentación, modelado y simulación en donde se priorizó la observación, reflexión, interpretación, el cuestionamiento y la argumentación de ideas. Así como se resalta en el siguiente fragmento sobre los elementos que se deben contemplar en una propuesta con dinámica de sistemas:

Un entorno de aprendizaje ideal incluiría la discusión de un tema, la investigación dirigida por los estudiantes, la experimentación en el laboratorio, la construcción y exploración de modelos y la simulación por ordenador para verificar la relación entre el comportamiento del modelo y las observaciones experimentales (Hasret & Nuhoglu 2007, p.17).

## 7. Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones del primer ciclo de investigación-acción desarrollado con los estudiantes de grado séptimo, enfocado en el desarrollo de una propuesta que permitiera favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento y explicar el comportamiento de algunos sistemas tecnológicos.

Este trabajo permitió evidenciar algunos avances en el nivel de desarrollo de las tres habilidades de pensamiento (pensamiento dinámico, operacional y causal) en el grupo de estudiantes participantes de la experiencia; evidenciado al comparar las pruebas línea base de entrada respecto a la prueba de salida, también los cambios en los modelos mentales observados en las participaciones, además en la construcción de explicaciones que realizaron del comportamiento del sistema, teniendo en cuenta cambios tanto cuantitativos como cualitativos y principalmente en los ejemplos de modelos propuestos en cada una de las sesiones. De igual manera los resultados reflejaron que el desarrollo de las habilidades de pensamiento requiere una estrategia con un tiempo más prolongada de aplicación, que permita tener en cuenta el ritmo de aprendizaje de los estudiantes y de esta manera se puedan evidenciar mejores niveles de desarrollo en todos los estudiantes.

La propuesta general formulada promovió un ambiente de aprendizaje fundamentado en el papel mediador de las TICC, por medio del modelado y simulación con dinámica de sistemas; factor relevante que condujo a la comprensión y explicación de cada uno de los prototipos de modelos asociados al sistema del llenado y vaciado del tanque del inodoro; facilitando la comprensión del comportamiento cambiante en el tiempo, permitiendo la identificación de los elementos y las relaciones entre los mismos, así como posibilitando determinar las causas del comportamiento. Además con cada uno de los momentos contemplados en ella, se pudo evidenciar

los cambios que se generaron en los modelos mentales de los estudiantes y de esta manera determinar el impacto de las habilidades de pensamiento en los proceso de aprendizaje.

Con la experiencia diseñada para el grupo de estudiantes se pudo evidenciar que las habilidades de pensamiento se fortalecieron en la medida en que estos se convirtieron en sujetos activos y partícipes a lo largo de la sesiones; exteriorizando constantemente sus modelos mentales; determinando las partes, relaciones y principios que permiten determinar el sistema; observando y explorando por medio de las actividades de experimentación; identificando relaciones entre elementos por medio de los diagramas de influencia; comprendiendo el comportamiento dinámico del modelo por medio de la simulación y reconstruyendo sus explicaciones guiados por las preguntas orientadoras. De igual manera fue relevante el papel del docente y las estrategias tanto de aprendizaje como de acompañamiento que se aplicaron durante el desarrollo de la experiencia; la motivación por parte del estudiante hacia la situación problémica abordada y las actividades propuestas; que dispusiera de herramientas cognitivas necesarias para llevar a cabo su aprendizaje, como la interpretación de gráficos; la importancia de conocer los modelos mentales iniciales y trabajar con sistemas y ejemplos que tengan relación directa con el contexto de los estudiantes, favoreciendo de esta manera la exploración del mismo.

Tanto para el desarrollo de las habilidades de pensamiento como el aprendizaje significativo, fue importante que los estudiantes y el docente reconocieran los modelos mentales y a partir de estos apreciaran los cambios que ocurrieron en los mismos a lo largo de las sesiones; para ello se utilizaron estrategias como las rutinas de pensamiento, los esquemas mentales, los diagramas de influencias y de flujo-nivel. Este elemento permitió el anclaje de los conocimientos previos que tenían, con los nuevos saberes que se incorporaban y de esta manera re-construir las explicaciones. Así mismo fue importante tener en cuenta las características del contexto, como por

ejemplo la selección de un sistema presente en hogares o actividades cotidianas del estudiante, de tal manera que al complementarlas con las actividades de modelado y simulación con dinámica de sistemas facilitaran la comprensión del comportamiento; todos ellos elementos contemplados en la propuesta institucional.

La metodología de investigación acción, permitió orientar este primer ciclo de aplicación del proceso investigativo, en el cual se pudo observar algunos avances en el nivel de desarrollo de las habilidades de pensamiento, pero además producto del proceso de reflexión se identificaron aspectos a mejorar, uno de ellos consiste en reforzar las actividades de modelado para que los estudiantes puedan establecer con mayor claridad relaciones de influencia entre los elementos del sistema.

## 8. Recomendaciones

Para realizar futuras aplicaciones de la presente propuesta educativa, es importante tener en cuenta algunos aspectos:

- Teniendo en cuenta el diseño de la propuesta educativa desarrollado en este trabajo, se recomienda continuar con la metodología de investigación acción para un nuevo ciclo de aplicación, que permita partir de los resultados obtenidos y de las acciones de mejora, enriquecer la propuesta y de esta manera promover otras habilidades de pensamiento que contribuya al desarrollo de aprendizajes significativos en los estudiantes.
- Se sugiere incluir actividades más lúdicas como juegos que permitan a los estudiantes motivarlos al desarrollo de cada una de las actividades de las sesiones, estas actividades lúdicas deben tener en cuenta algunos aspectos como: edad de

desarrollo mental, características del grupo, recursos disponibles, cantidad de estudiantes entre otros aspectos.

- En cuanto a la estrategia usada, sería muy importante establecer actividades de exposición en donde los estudiantes puedan dar a conocer a sus compañeros los ejemplos de modelos propuestos, así como responder a la pregunta problémica planteada al inicio de la secuencia de aprendizaje.
- Para las actividades de modelado y simulación, puede resultar favorable en los estudiantes, considerar que el diagrama de influencias sea interpretado después de realizar las actividades de simulación, esto debido a que con la comprensión que se dé en la simulación, se pueden observar mejor las relaciones de influencia entre los elementos.
- Respecto al tiempo estimado para la aplicación de la experiencia y buscando un mayor alcance en el nivel de desarrollo de las habilidades de pensamiento en los estudiantes, es importante ampliarlo a un mayor número de sesiones, teniendo en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje de los estudiantes, así como la adaptación de todos los estudiantes a la metodología planteada.
- Es recomendable que previo a la aplicación de la experiencia, los estudiantes realicen actividades enfocadas en el análisis e interpretación de gráficos, así como reconocimiento y dominio en el software seleccionado para desarrollar las actividades de modelado y simulación.

### Referencias Bibliográficas

- Andrade, H., & Parra, C. (1998). Esbozo de una propuesta de un modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento. *IV Congreso RIBIE, 1*, 1–16. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/6256>
- Andrade Sosa, H. H., & Gómez Flórez, L. C. (2009). Tecnología informática en la escuela. In *Universidad Industrial de Santander* (Cuarta Edición). Universidad Industrial de Santander.
- Andrade Sosa, H. H., Navas Garnica, X. M., Maestre Góngora, G. P., & Lopez Molina, G. (2014). *El modelado y la simulación en la escuela* (Primera Edición). Universidad Industrial de Santander.
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2017). A Complete Set of Systems Thinking Skills. *Insight, 20*(3), 9–17. <https://doi.org/10.1002/inst.12159>
- Assaraf, O. B. Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(5), 518–560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Báez Alcaíno, J., & Onrubia Goñi, J. (2016). Una revisión de tres modelos para enseñar las habilidades de pensamiento en el marco escolar. *Perspectiva Educativa, 55*(1). <https://doi.org/10.4151/07189729-vol.55-iss.1-art.347>
- Cascante C., M., & Mejía D., A. (2007). Hacia una dinámica de sistemas crítica: Un marco conceptual para investigación y una ilustración en educación. ... *de Dinámica de Sistemas, ...*, 1–17. [http://www.prof.uniandes.edu.co/~jmejia/PDF/DS\\_critica.pdf](http://www.prof.uniandes.edu.co/~jmejia/PDF/DS_critica.pdf)
- Chaparro Susa, C. I., Pedreros Martínez, R. I., Méndez Hincapie, N. fernando, Sastoque Quevedo, H. O., & Augusto, P. B. C. (2006). *Elementos del pensamiento sistémico en la elaboración de explicaciones sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos* (p. 14). TEA N° 20.
- Checkland, P., & Poulter, J. (2006). *Learning for action: A short definitive account of soft systems*

- methodology and its use for practitioners, teachers and students* (Wiley (ed.)). Wiley.
- Dorani, K., Mortazavi, A., Dehdarian, M. A., Mahmoudi, H., Khandan, Masoomeh, & Mashayekhi, A. (2015). Developing Question Sets to Assess Systems Thinking Skills. *Proceedings of the 33rd International Conference of the System Dynamics Society, Assessment*(Richmond 2000).
- Fisher, D. M. (2018). Reflections on teaching system dynamics modeling to secondary school students for over 20 years. *Systems*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/systems6020012>
- Gilbert, L. A., Gross, D. S., & Kreutz, K. J. (2019). Developing undergraduate students' systems thinking skills with an InTeGrate module. *Journal of Geoscience Education*, 67(1), 34–49. <https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1529469>
- Hasret, N., & Nuhoglu, M. (2007). THE EFFECTS OF SYSTEM DYNAMICS APPROACH IN SCIENCE EDUCATION IN MIDDLE SCHOOL. *Journal of Turkish Science Education*, 19.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta).
- Kim, Y. J., & Pavlov, O. V. (2016). *GAME-BASED STRUCTURAL DEBRIEFING: A DESIGN TOOL FOR SYSTEMS THINKING CURRICULUM*. 2, 1–9.
- Martín, J., Garcia, L., Occelli, M., & Con, R. (2009). *Una simulación para interpretar el Calentamiento Global del planeta Tierra*. 3(1), 27–34.
- McKernan, J. (1999). *Investigación-acción y curriculum* (Segunda ed). Ediciones Morata.
- Meadows, D. H. (2008). Thinking in Systems. In Earthscan (Ed.), *Open Agriculture* (Primera, Vol. 3, Issue 1). <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0002>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2008). Ser competente en tecnología: una necesidad para el desarrollo. *Ministerio de Educación Nacional de Colombia*, 32.
- Plate, R., & Monroe, M. (2014). *THIS ISSUE AT A GLANCE A Structure for Assessing Systems*

*Thinking I*. 23(1), 1–12.

Pozo, I. J. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. 288.

Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing seventh grade students' systems thinking skills in the context of the human circulatory system. *Frontiers in Public Health*, 2(DEC), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00260>

Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), 113–133. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203>

Richmond, B. (1997). The “Thinking” in Systems Thinking: How Can We Make it Easier to Master? *The Systems Thinker*, 8(2), 1–14.

Richmond, B. (2010). The thinking in systems thinking: Eight critical skills. *The Systems Thinker*, 21(3), 2–9.

Rodriguez, M. L. (2005). La teoría del aprendizaje significativo. *Conference on Concept Mapping*, 38009, 535–542.

Schunk, D. (2012). Teorías del aprendizaje. In *Pearson* (Sexta, Vol. 7, Issue 14). <https://doi.org/10.29057/xikua.v7i14.4359>

Skaza, H., Crippen, K., & Carroll, K. (2012). *A Perspective of Urban High School Teachers on Using System Dynamics Tools*.

Velazco, E. R. (2010). EL APRENDIZAJE COLABORATIVO EN ENTORNOS VIRTUALES: COMUNIDADES QUE APRENDEN EN COMUNIDAD. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Vicario Solórzano, C. M. (2009). Construccinismo. *Innovación Educativa*, 9, 47. [www.micromundos.com](http://www.micromundos.com).

Villabona-Garcia, M., Angarita-Zapata, J. S., & Andrade Sosa, H. H. (2020). *Propuesta Dinámico-*

*Sistémica para el aprendizaje del uso eficiente de la energía eléctrica en estudiantes de media vocacional.*

## Apéndices

## Apéndice A. Secuencia de aprendizaje

Tabla 3.

*Identificación de la secuencia de aprendizaje*

<b>SECUENCIA DIDÁCTICA</b>	
<b>Nombres</b>	Carlos Mauricio Molina García
<b>Institución educativa</b>	I.E. Henry Daniels
<b>Ciudad, Departamento</b>	Castilla la Nueva, Meta
<b>Tiempo de aplicación</b>	6 Semanas
<b>Área</b>	Tecnología e informática
<b>DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA</b>	
<b>Título de la unidad</b>	Explicando sistemas de mi entorno
<b>Tema</b>	Sistemas tecnológicos y los principios científicos que describen su comportamiento
<b>Componente</b>	Naturaleza y evolución de la tecnología
<b>Competencia</b>	Reconozco principios y conceptos propios de la tecnología, así como momentos de la historia que le han permitido al hombre transformar el entorno para resolver problemas y satisfacer necesidades.
<b>Desempeños</b>	Identifico y explico técnicas y conceptos de otras disciplinas que se han empleado para la generación y evolución de sistemas tecnológicos (alimentación, servicios públicos, salud, transporte). Explico con ejemplos el concepto de sistema e indico sus componentes y relaciones de causa efecto. Describo el rol de la realimentación en el funcionamiento automático de algunos sistemas.
<b>Relación con Ciencias Naturales</b>	Componente de ciencia, tecnología y sociedad:
<b>Estándares de competencias, para grado sexto y séptimo</b>	Indago sobre adelantos científicos y tecnológicos que han hecho posible la exploración del universo.
<b>Relación con matemáticas</b>	Calculo áreas y volúmenes a través de composición y descomposición de figuras y cuerpos.
<b>Pensamiento Métrico</b>	
<b>Pensamiento aleatorio</b>	

	Interpreto, produzco y comparo representaciones gráficas adecuadas para presentar diversos tipos de datos (diagramas de barras, diagramas circulares).
<b>Habilidades de pensamiento</b>	Pensamiento dinámico, pensamiento en términos de causalidad, pensamiento operacional, pensamiento ciclo cerrado, pensamiento cuantitativo.
<b>Conceptos básicos de aprendizaje</b>	Cambio, área, volumen, presión, altura, sistema.
<b>Escenario de la unidad</b>	Aula de informática

Es importante resaltar que el diseño de esta secuencia de aprendizaje se basa en el esquema guía de clases integradas con dinámica de sistemas planteado por Andrade Sosa et al. (2014).

A continuación se describen cada uno de los momentos a desarrollar en la secuencia de aprendizaje.

### Momento 1. Diagnosticando habilidades

#### Tabla 4.

#### *Actividades de aprendizaje para el momento 1*

MOMENTO PEDAGÓGICO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIEMPO PREVISTO	RECURSOS
<b>Momento 1 Diagnosticando habilidades</b>	<p><b>Actividad 1:</b> Para el desarrollo de esta actividad, se realiza un cuestionario a los estudiantes pertenecientes a la muestra poblacional, el cual tiene como objetivo establecer el punto de partida en cuanto al desarrollo de habilidades pensamiento propuestas por Richmond (1997) y de esta manera conocer los modelos mentales respecto a algunos sistemas tecnológicos, así como la manera de interpretar gráficos estadísticos.</p> <p><b>Actividad 2:</b> Como preparación de la siguiente sesión de trabajo, el docente pide a los</p>	1 Sesión	Cuestionario línea base (Apéndice F). Computadores de la sala de sistemas.

estudiantes que con ayuda de un familiar, puedan observar los elementos que intervienen en el funcionamiento del tanque del inodoro, así como plantear posibles hipótesis sobre su comportamiento.

En este primer momento, con la actividad 1, se pretende conocer el estado inicial de las habilidades de pensamiento (dinámico, operacional, causal y ciclo cerrado) propuestas por Richmond, las cuales ayudan a comprender el comportamiento del sistema de llenado y vaciado del tanque del inodoro. Además permite hacer un contraste entre el estado previo a la aplicación de la secuencia de aprendizaje y el estado después de la aplicación, para que de esta manera se puedan evidenciar los cambios que hayan ocurrido en las habilidades.

En la segunda actividad los estudiantes junto con su familia tienen la posibilidad de explorar el funcionamiento del tanque del inodoro, observar sus componentes y las relaciones entre los mismos. El objetivo de esta actividad consiste en que puedan observar y plantear hipótesis acerca del comportamiento del sistema de llenado y vaciado.

## Momento 2. Explorando modelos mentales

### Tabla 5.

#### *Actividades de aprendizaje para el momento 2*

MOMENTO PEDAGÓGICO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIEMPO PREVISTO	RECURSOS
<b>Momento 2 Explorando modelos mentales</b>	<p><b>Actividad 1:</b> El docente explica a los estudiantes la situación problémica, que consiste en comprender el comportamiento del sistema de llenado y vaciado de un tanque de inodoro. La pregunta que se formula es: ¿Por qué funciona el inodoro de mi casa como lo veo funcionar?</p> <p><b>Actividad 2:</b></p>	1 sesión	Fotocopias modelos mentales (Apéndice B) Colores, plumones, lápiz, regla. Computador y televisor

Para el desarrollo de esta actividad, se inicia con un trabajo individual en el cual cada estudiante, según lo que haya podido observar en su casa y su experiencia propia, identifica elementos presentes en el sistema del inodoro, así como los niveles y el sentido del flujo del agua dentro del mismo.

Una vez los estudiantes construyen la imagen con la mayor cantidad de elementos, plantean hipótesis acerca del comportamiento del sistema, teniendo en cuenta los elementos que se incluyeron en la imagen y aquellos que no fue posible incluir.

Para el desarrollo del ejercicio, se entrega una copia del documento modelos mentales (Apéndice B), en el cual responden la pregunta problémica.

**Actividad 3:**

Con cada uno de los modelos mentales contruidos de manera individual, se realiza una socialización de los mismos con los compañeros en un primer momento, para ello se conforman grupos de trabajo de 3 estudiantes, en los cuales comparten y debaten cada uno de los elementos y las hipótesis planteadas.

Producto del trabajo en equipo, el grupo genera una hipótesis, la cual será explicada a los demás compañeros por medio de una plenaria.

La primera actividad de este momento, tiene como objetivo que los estudiantes puedan identificar con claridad la problemática que se trabajará a lo largo de cada una de la sesiones. Es importante resaltar que el conjunto de actividades giran en torno a este interrogante y por ende se espera que tanto las habilidades de pensamiento como las actividades de experimentación y la simulación permitan comprender de forma gradual el comportamiento del sistema del tanque del inodoro, así como la capacidad para describir dicho comportamiento.

La selección del tanque del inodoro, como sistema de estudio en su comportamiento, obedece a que es un sistema cotidiano para la gran mayoría de los estudiantes, lo cual facilita el trabajo en cada una de las actividades planteadas. Pero además porque es un sistema que desde el punto de vista del conocimiento se funda en diferentes principios científicos y tecnológicos, como el principio de Torricelli o el mecanismo de descarga.

Con la actividad número dos (2), se pretende develar los modelos mentales de cada uno de los estudiantes respecto a la pregunta problémica, antes de iniciar la experiencia, para luego observar cómo cambian a medida que transcurren las actividades de aprendizaje con el uso de la experimentación y la simulación. Pero también analizar los posibles cambios que se den en el desarrollo de las habilidades de pensamiento, así como la comprensión del sistema que se estudia.

Finalmente en la actividad tres (3), se pretende generar un espacio en el cual los estudiantes comparten y debaten las ideas e hipótesis acerca del comportamiento del tanque del inodoro. De esta manera hacer una construcción grupal acerca del sistema teniendo en cuenta los aportes individuales.

### Momento 3. Estudiemos el sistema

#### Tabla 6.

##### *Actividades de aprendizaje momento 3*

MOMENTO PEDAGÓGICO	DESCRIPCÓN DE ACTIVIDADES	TIEMPO PREVISTO	RECURSOS
<b>Momento 3 Estudiemos el sistema</b>	<p><b>Actividad 1:</b> Para el desarrollo de este momento, se divide en tres fases, que permitan a los estudiantes comprender los principios del comportamiento del sistema estudiado.</p> <p><b>Fase A:</b> Al iniciar esta fase, el docente</p>	1 sesión	<p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=5Rc8g_JEj4Q&amp;t=206s">https://www.youtube.com/watch?v=5Rc8g_JEj4Q&amp;t=206s</a></p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=fyEITC_84TI">https://www.youtube.com/watch?v=fyEITC_84TI</a></p> <p>Fotocopias rutina de pensamiento (Apéndice C)</p>

proyecta un video que explica el funcionamiento del sistema del inodoro. Los estudiantes observan y registran aquellos interrogantes que surjan, con el objetivo de propiciar un espacio para el cuestionamiento sobre el fenómeno de estudio. El trabajo se desarrolla en parejas para permitir el trabajo en grupo y el contraste de ideas.

Posterior al trabajo en parejas, se realiza la socialización con todo el grupo, que permita conocer los interrogantes que surgieron, y tenerlos presentes para darle respuesta a cada uno de ellos.

**Fase B:**

El docente con la participación de los estudiantes explica los siguientes conceptos que permiten aclarar alguna de las dudas que hayan podido surgir o que refuercen los conceptos que ya tienen: área, diámetro, altura, volumen, velocidad, gravedad, mecanismo de recarga, mecanismo de descarga (mecanismo de la cadena), cisterna (tanque), taza, efecto sifón, válvula, principio de Torricelli. El objetivo de esta fase consiste en poder tener claridad en cada uno de los conceptos que intervienen en el comportamiento del sistema.

**Fase C:**

Se proyecta un video en el cual se explica el efecto sifón mediante un experimento.

El objetivo consiste en explicar cómo algunos fluidos, como el agua, por acción de la presión y su propio peso, hacen que se desplace desde un recipiente

que está a una mayor altura, a un recipiente que se encuentra a una menor altura.

Se plantean actividades como proyección de videos, lecturas y consultas en internet que permitan abordar los conceptos y principios relacionados con el comportamiento del sistema del inodoro y de esta manera facilitar la apropiación por parte de los estudiantes. El objetivo de las actividades para este momento es dar claridad en cada uno de los conceptos y principios científicos y tecnológicos, así como propiciar un ambiente que permita explorar la curiosidad, la observación y la interpretación y de esta manera construir ideas relacionadas con el sistema que se estudia.

#### **Momento 4. Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas**

**Tabla 7.**

*Actividades de aprendizaje momento 4*

<b>MOMENTO PEDAGÓGICO</b>	<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>	<b>TIEMPO PREVISTO</b>	<b>RECURSOS</b>
<b>Momento 4 Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas</b>	<p><b>Actividad 1:</b> Teniendo en cuenta los saberes abordados en el momento 3, se realiza el proceso de modelado y simulación que permita a los estudiantes comprender los diferentes procesos dinámicos que ocurren en el comportamiento del inodoro. Para ello se tiene en cuenta algunas habilidades de pensamiento que están involucradas en los modelos de complejidad creciente. Los modelos se trabajan en el software Evolución, del grupo de investigaciones SIMON.</p> <p>Con el modelado y simulación se busca que los estudiantes puedan experimentar, plantear hipótesis, formular interrogantes, explicar principios y generar diferentes escenarios que les permita reflexionar sobre el sistema y de esta manera</p>	5 sesiones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hoja del juego entrada - salida.</li> <li>2. Modelo de llenado de un recipiente.</li> <li>3. Modelo de vaciado de un recipiente.</li> <li>4. Modelo de llenado y vaciado de un recipiente.</li> <li>5. Modelo de llenado y vaciado de un tanque del inodoro.</li> </ol>

comprender su comportamiento, para poderlo explicar.

Para ello la actividad se desarrolla de la siguiente manera:

- Partimos del juego entrada-salida que permite comprender lo que cambia y lo que genera el cambio.
- El primer prototipo a trabajar consiste en el llenado de un recipiente, en el cual el flujo de agua varía según el nivel. Para ello se tiene en cuenta el volumen y la velocidad de llenado, en cada instante se hace seguimiento a la cobertura de llenado.
- El segundo consiste en un prototipo de vaciado de un recipiente, en donde el flujo de salida depende de la altura que alcanza el agua respecto al desagüe y la fuerza de la gravedad, así como el área del tubo por donde sale el agua.
- El tercer prototipo, representa el llenado y vaciado de un recipiente, el flujo de entrada depende del nivel que alcanza el agua. El vaciado depende del volumen de agua dentro del recipiente y la capacidad del tubo de salida.
- El último prototipo representa el modelo que describe el proceso de llenado y vaciado del tanque del inodoro, el flujo de entrada del agua varía según el nivel que alcanza y el flujo de salida depende de la altura que alcanza el agua respecto al desagüe y la fuerza de la gravedad, así como el área del tubo por donde sale el agua.

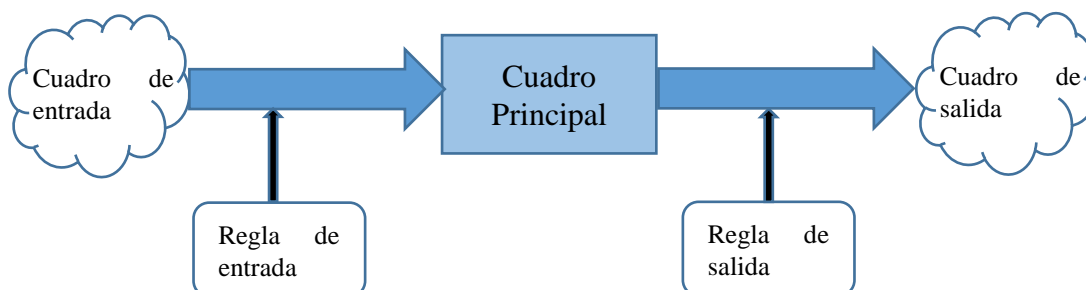
**Fase 1:** Se realiza la actividad lúdica, del juego entrada-salida, que permite identificar el cambio de una variable (fichas en el cuadro principal), teniendo en cuenta la cantidad de fichas que entran (flujo de entrada) y la cantidad de fichas que salen (flujo de salida) del cuadro principal. Esta actividad es importante para comprender tres conceptos de la dinámica de sistemas: flujo, nivel y parámetro.

### Recursos:

- Tablero del juego (polideportivo del colegio).
- Hoja de papel (gráfica de comportamiento de la variable).
- Hoja de papel (planilla de registro de jugadas).
- Arbitro (docente).
- Jugadores.

### Instrucciones

1. El docente pinta el tablero del juego en el polideportivo del colegio, tal como se observa en la siguiente figura.



2. El árbitro indica a los jugadores cuántos jugadores deben estar en el cuadro principal (para este caso 4 estudiantes) y cuantas jugadores en el cuadro de entrada (para este caso 12).

3. El árbitro establece algunas reglas que permiten definir la cantidad de jugadores que ingresan al cuadro principal, así como la cantidad de jugadores que salen del cuadro principal. En este caso se toman como reglas: en un primer momento ingresan al cuadro principal, la misma cantidad de jugadores que salen, en el segundo momento ingresan más cantidad de jugadores de

los que salen y finalmente ingresan menos cantidad de jugadores de las que salen. Esto con el objetivo de que los estudiantes puedan evidenciar flujos de entrada constante, creciente y decreciente de la variable (cantidad de jugadores en el cuadro principal).

4. Para generar una mayor comprensión de lo que está sucediendo en el juego, cada estudiante registra los valores dentro de la planilla.

- En la columna 1, se registra el número de jugada.
- En la columna 2, se registra la cantidad de jugadores que ingresan al cuadro principal.
- En la columna 3, se registra la cantidad de jugadores que salen del cuadro principal.
- En la columna 4, se registra la cantidad de jugadores que hay en el cuadro principal.

**Planilla de registro que usa cada jugador, durante el juego**

Columna 1 # de Jugada	Columna 2 Cuadro de entrada	Columna 3 Cuadro de salida	Columna 4 Cuadro Principal
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

5. Una vez se han registrado los datos de cada una de las jugadas, se realiza una gráfica que relacione la columna 1 y la columna 4, usando el siguiente formato para graficar los datos.



## 6. Socialización

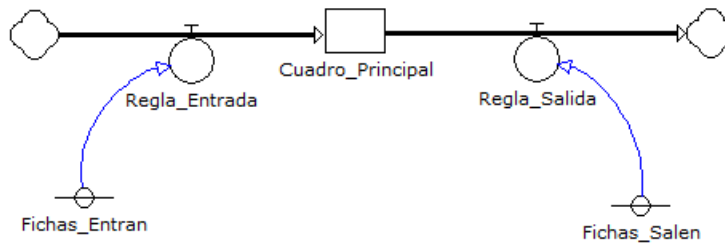
En este punto los estudiantes analizan el gráfico que les resultó luego de graficar los datos.

Para ello el docente plantea unos interrogantes:

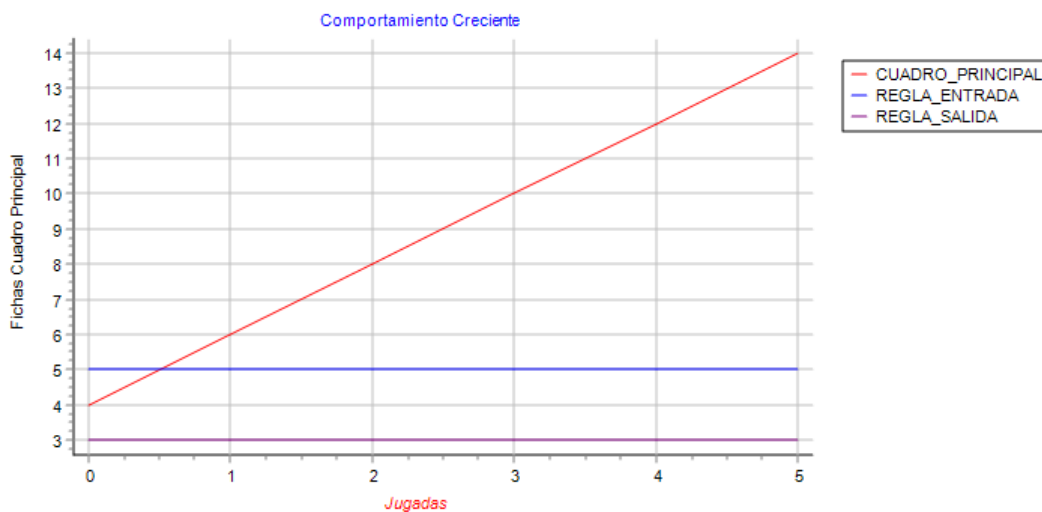
- ¿Qué pasa en el cuadro principal cuando ingresan la misma cantidad de jugadores de las que salen?
- ¿Qué pasa en el cuadro principal cuando ingresan más cantidad de jugadores de las que salen?
- ¿Qué pasa en el cuadro principal cuando ingresan menos cantidad de jugadores de las que salen?

Una vez los estudiantes analizan el juego con la orientación del docente, se realiza la simulación del mismo, usando para ello el software Evolución. Esta actividad tiene como objetivo que los estudiantes puedan reconocer componentes básicos de los diagramas, como el nivel, los flujos, los parámetros y las relaciones entre los mismos. También permite que los estudiantes puedan experimentar con el modelo, realizando modificaciones a los parámetros y observando el comportamiento, mediante representaciones gráficas.

En la siguiente figura se muestra el modelo del juego en diagrama de flujo-nivel.



Ejemplo de gráfica de comportamiento creciente, esto ocurre cuando la cantidad de fichas que ingresan al cuadro principal, es mayor que las que salen.



Este es el primer modelo construido por los estudiantes, por lo tanto pretende que puedan familiarizarse con el software, teniendo en cuenta que todos los modelos que siguen se trabajarán con este programa.

## Fase 2:

### 1. Prototipo 1

**Nombre:** Modelo de llenado de una botella

**Objetivo:** Identificar el efecto que tiene, la cantidad de agua en la botella, en el flujo de agua que ingresa a esta.

**Habilidades de pensamiento a potenciar:**

- Pensamiento dinámico: Capacidad de los estudiantes para describir el comportamiento cambiante en el tiempo del flujo de llenado que ingresa a la botella.

**Recursos:**

- Modelo evolución
- Computadores
- Software Evolución
- Recipientes de plástico (vasos, botellas, platos, etc).
- Agua.

**Desarrollo**

1. El docente inicia la sesión formulando la pregunta ¿Cómo es el comportamiento de llenado de una botella, sin que el agua se rebase?

2. Se registran en el tablero los aportes de cada uno de los estudiantes, respecto a la pregunta formulada.

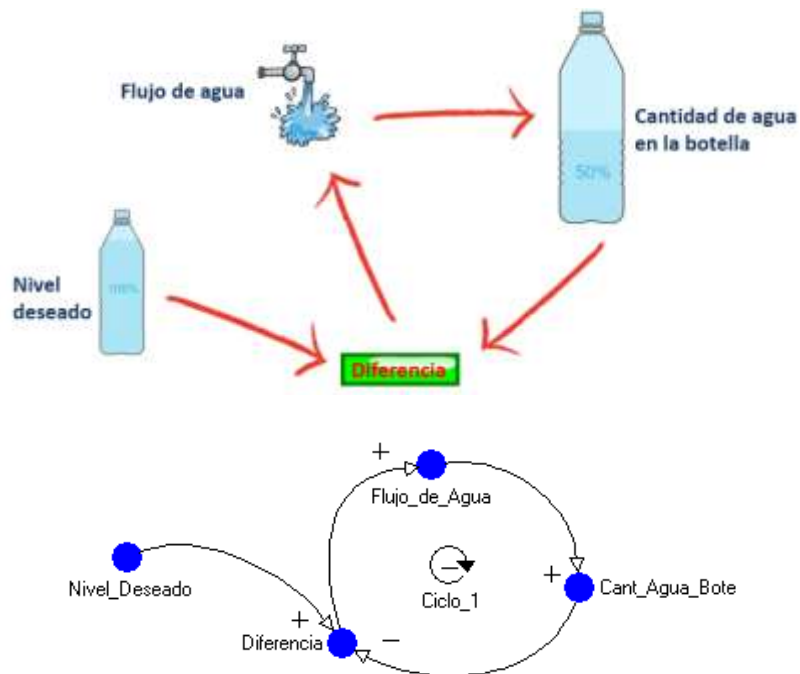
3. Con los materiales solicitados los estudiantes en parejas realizan el experimento, un estudiante controla el llenado de la botella y su compañero toma el tiempo que tarda en llenarse por completo.

4. Una vez finalizado el experimento, los estudiantes socializan con el grupo, partiendo de las siguientes preguntas orientadoras:

¿Cuánto tiempo tardaron en llenar el vaso?

¿El flujo de agua que ingresa al vaso siempre fue igual o varió?, ¿por qué?

5. Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes, se expone el modelo (diagrama de influencias) que relaciona los elementos que intervienen en el sistema.

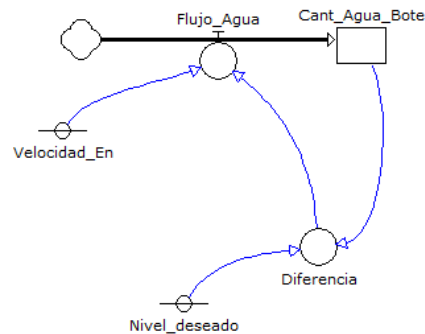


En la figura anterior, se observa el diagrama de influencias el cual se lee de la siguiente manera: Hay un flujo de entrada de agua a la botella, el cual permite que se acumule en cada instante de tiempo, por lo tanto a mayor flujo de agua que ingresa, más rápido aumenta la cantidad de agua dentro de la botella. El flujo de agua que ingresa a la botella, depende de la diferencia entre el nivel deseado al que se quiere llegar y el nivel en cada instante de tiempo. Por ello a mayor diferencia, el flujo de entrada de agua debe ser mayor y a menor diferencia el flujo de entrada del agua debe ser menor, hasta alcanzar el nivel deseado, momento en el cual el flujo de agua es cero.

Esta actividad les permite a los estudiantes identificar los elementos que intervienen en el sistema y por medio de la simulación comprender los cambios que ocurren a lo largo del tiempo.

6. Una vez se ha explicado el diagrama de influencias, se expone el modelo de flujos y niveles el cual incluye los siguientes elementos: un nivel (**Cant\_Agua\_Bote**: representa la cantidad de agua dentro del recipiente), un flujo (**Flujo\_Agua**: representa la cantidad de agua que ingresa al recipiente, en cada instante), Una variable auxiliar (**Diferencia**: representa la discrepancia entre

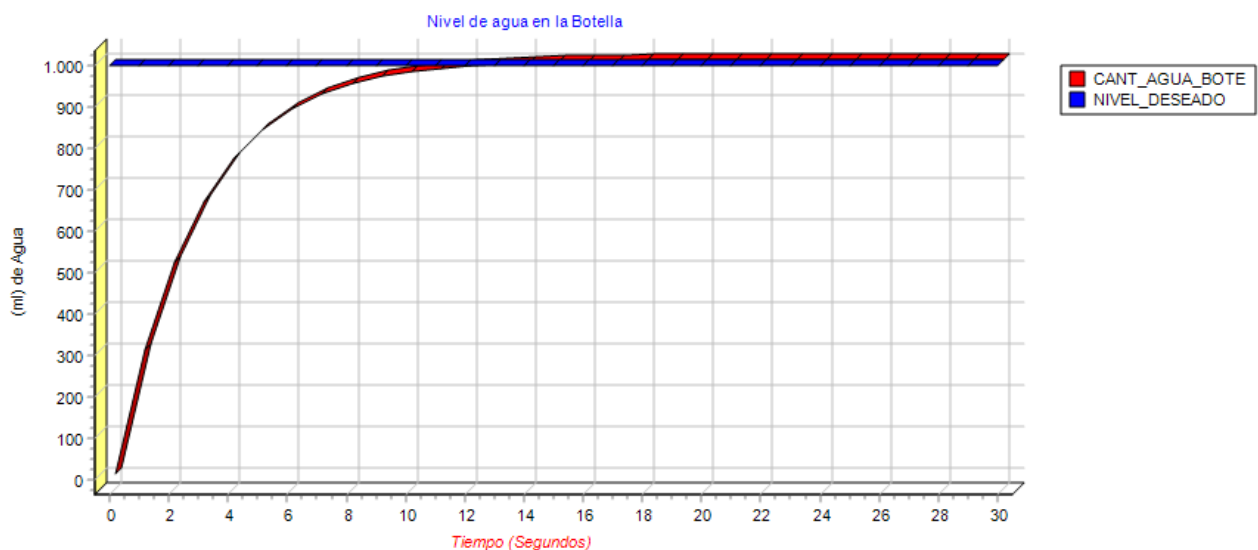
nivel de agua deseado y el nivel de agua en el tanque) y dos parámetros que se tienen en cuenta, según el propósito del modelo



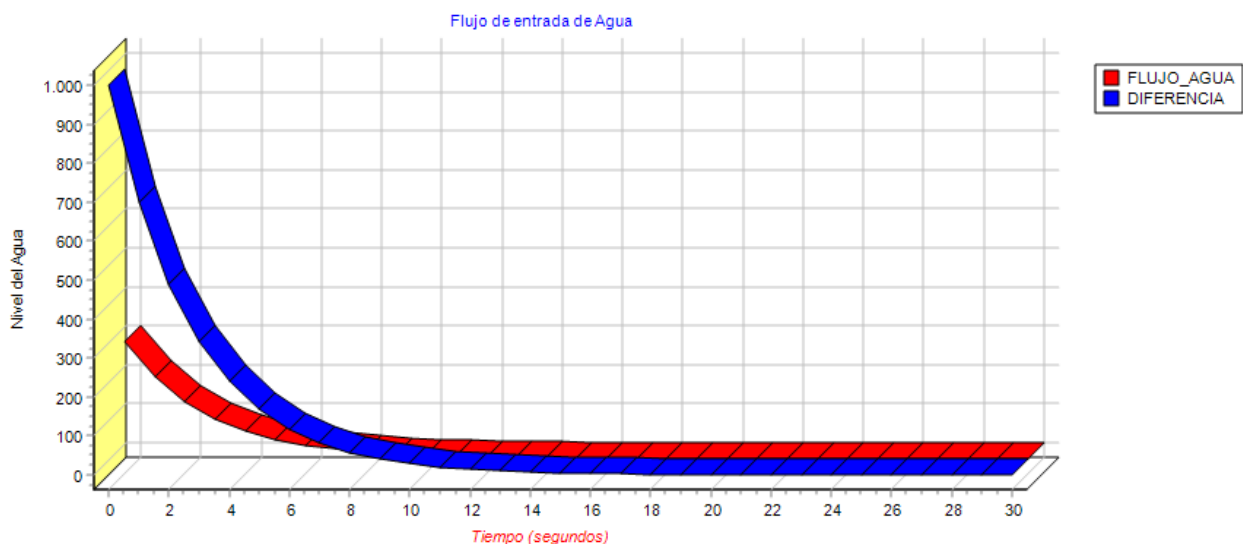
### 7. Simulación del comportamiento del modelo:

Por medio de la simulación del modelo, el estudiante puede observar el comportamiento tanto cualitativo como cuantitativo, en el tiempo, del sistema de llenado del recipiente. Pero además puede variar los parámetros que intervienen en el modelo y de esta manera tener diferentes escenarios.

- a) En la siguiente imagen se representa el nivel del agua dentro del recipiente, allí el estudiante puede apreciar como al inicio de la simulación, el flujo de agua aumenta muy rápido, hasta alcanzar el nivel máximo (nivel deseado).



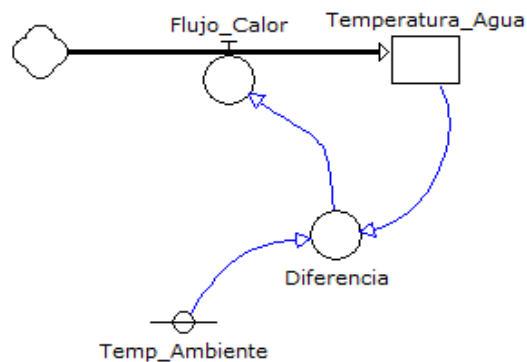
- b) El comportamiento del flujo de agua que ingresa a la botella se puede observar en la siguiente imagen. En ella se aprecia que inicia en un valor grande y luego disminuye hasta alcanzar un valor cercano a cero, esto debido a que en los primeros segundos existe una gran diferencia entre el nivel deseado y el nivel del recipiente.



8. El proceso de interpretación y análisis de los gráficos, se realiza con el acompañamiento del docente, lo cual permitirá que los estudiantes puedan responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué pasaría con el tiempo de llenado, si se quiere llenar un recipiente con mayor capacidad (tanque)?
- ¿Qué pasaría si se quiere llenar un recipiente, pero no tiene un elemento de control para revisar el nivel?
- ¿Qué pasaría con el flujo de entrada, si se quiere llenar un recipiente, que ya contiene agua hasta la mitad?

9. Finalmente a los estudiantes se les presenta el siguiente modelo que representa una situación análoga a la del modelo del llenado del recipiente. Modelo tomado de Meadows (2008).



En grupo:

- Interpretan y explican el gráfico de comportamiento del modelo
- Plantean un fenómeno o sistema similar, que se pueda representar por medio de dicho modelo.

## 2. Prototipo 2

**Nombre:** Modelo de vaciado de una botella

**Objetivo:** Analizar el comportamiento del vaciado de una botella, el cual depende del volumen de agua dentro del tanque.

### Habilidades de pensamiento a potenciar:

- Pensamiento operacional: Comprende como la interacción entre los diferentes elementos (flujos, niveles y parámetros) y sus respectivas relaciones del sistema, definen el comportamiento del mismo, y no solo de un elemento o relación.

### Recursos:

- Modelo evolución
- Computadores
- Software Evolución
- Recipientes de plástico (Botella con capacidad para 1,5 litros o superior).
- Agua.
- Cinta.

- Regla

### **Desarrollo**

1. El docente inicia la sesión formulando la pregunta ¿Qué elementos intervienen y cómo se relacionan en el comportamiento del vaciado de una botella que contiene agua?

2. Con la orientación del docente, los estudiantes plantean una hipótesis acerca del comportamiento del vaciado de la botella.

3. Con los materiales solicitados los estudiantes en parejas realizan el experimento, el cual se divide en los siguientes pasos:

Paso 1: Abrir tres orificios de 1cm de diámetro, el primero a 1 cm, el segundo a 7 cm y el tercero a 12 cm de la base.

Paso 2: Tapar los tres orificios con cinta.

Paso 3: Llenar el recipiente con agua, hasta alcanzar la máxima capacidad de la botella.

Paso 4: Retirar la cinta del orificio de 1cm, observar la salida de agua de la botella y registrar, el tiempo que tarda en desocuparse, así como la distancia que alcanza el flujo de agua (chorro).

Paso 5: Tapar todos los orificios, llenar la botella y retirar la cinta de los orificios de 1cm y el de 7 cm, observar la salida de agua de la botella y registrar, el tiempo que tarda en desocuparse, así como la distancia que alcanza el flujo de agua (chorro).

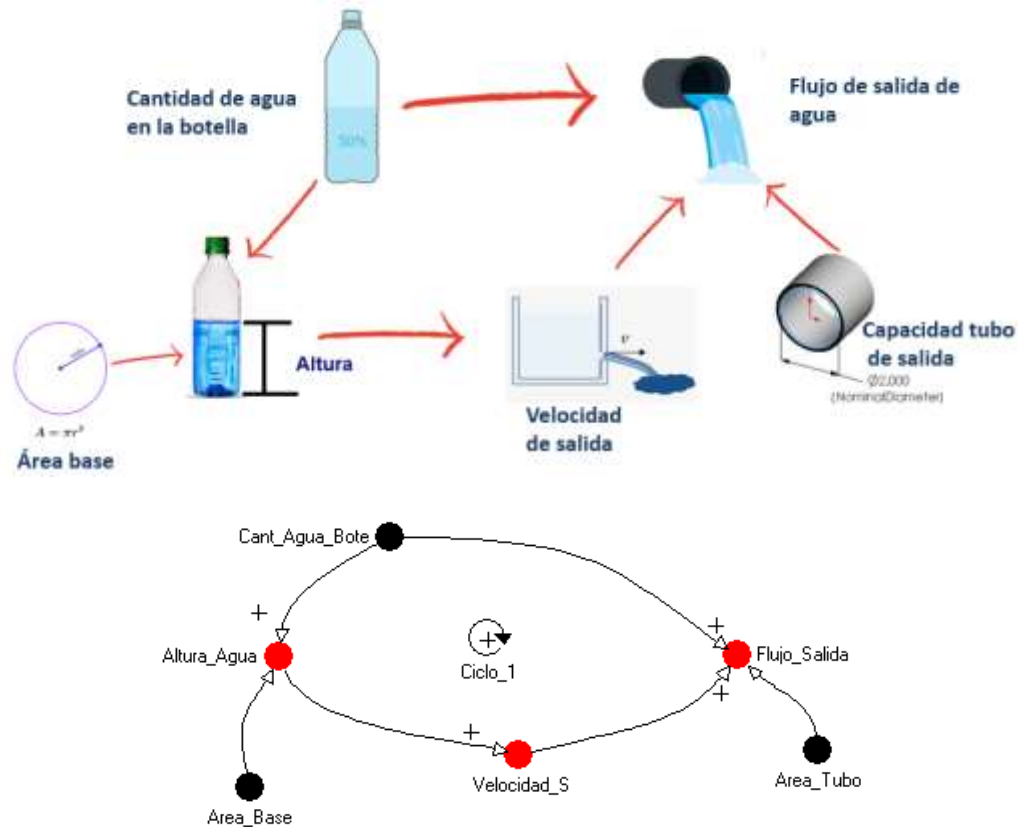
Paso 6: Repetir el paso 5, retirando la cinta de los tres orificios y tomar los mismos datos.

4. Concluido el experimento, los estudiantes revisan y analizan los datos obtenidos con el apoyo del docente, teniendo en cuenta las siguientes preguntas orientadoras.

- ¿El flujo de salida del agua es constante o cambia durante el experimento?, ¿por qué?
- ¿En qué casos se vacía la botella más rápido?, ¿por qué?

- ¿La distancia que alcanza el flujo de salida (chorro), es la misma o cambia? ¿por qué?

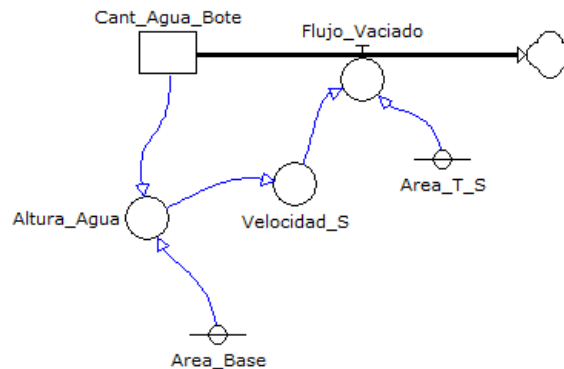
5. Basado en las respuestas de los estudiantes, se presenta el modelo (diagrama de influencias) que relaciona los elementos que intervienen en el sistema.



En la figura anterior, se observa el diagrama de influencias el cual se lee de la siguiente manera: A menor cantidad de agua en la botella, menor flujo de vaciado. Respecto a la altura del agua, cuando esta decrece rápido, la velocidad de vaciado del agua también decrece a un ritmo más lento. De igual manera cuando la velocidad de vaciado decrece, el flujo de agua que sale de la botella también decrece y finalmente cuando la cantidad de agua en la botella disminuye, la altura del agua también se espera que disminuya.

6. Con el diagrama de influencias comprendido, se expone el modelo de flujos y niveles el cual incluye los siguientes elementos: un nivel (Cant\_Agua\_Bote: representa la cantidad de agua

dentro de la botella), un flujo (Flujo\_Vaciado: representa el flujo de agua que sale de la botella), dos variables auxiliares (Altura\_Agua: representa la altura que alcanza el agua en la botella), (Velocidad\_S: representa la velocidad de salida del agua y depende de la altura que alcanza) y un parámetro.

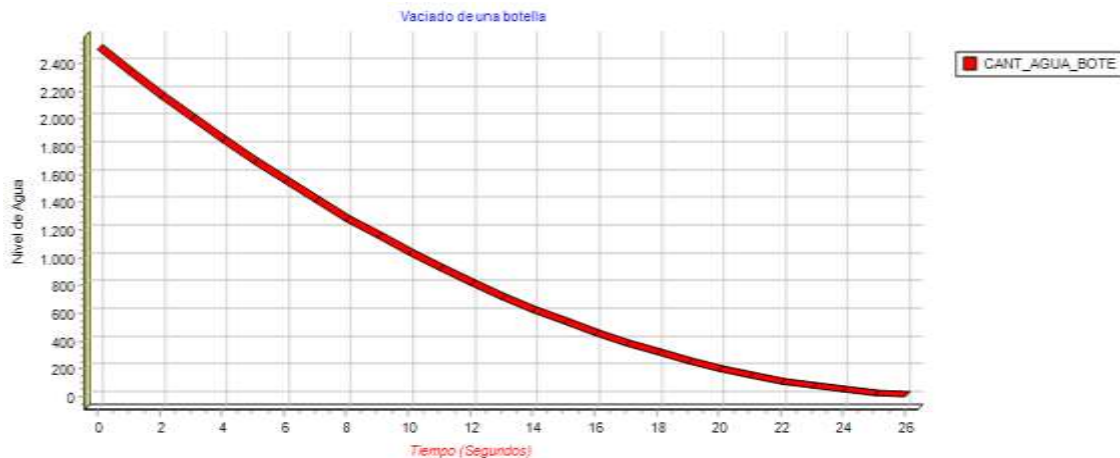


### 7. Simulación del comportamiento del modelo:

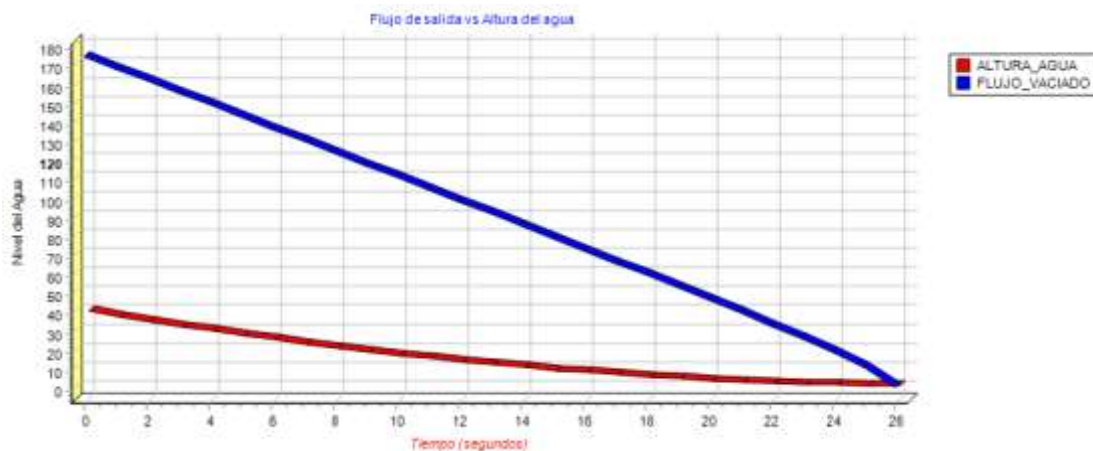
Con la simulación que realiza el estudiante, puede observar la relación entre los diferentes elementos, que describen el comportamiento del sistema, así como comprobar o refutar la hipótesis planteada inicialmente.

Por medio de la simulación del modelo, el estudiante puede observar el comportamiento tanto cualitativo como cuantitativo, en el tiempo, del sistema de vaciado del recipiente. Pero además puede variar los parámetros que intervienen en el modelo y de esta manera tener diferentes escenarios.

- a) En la siguiente imagen se representa la variación en el nivel del agua dentro de la botella, allí el estudiante puede apreciar como inicia con un nivel alto (2500 ml), el flujo de agua disminuye, hasta alcanzar el nivel mínimo (botella vacía).



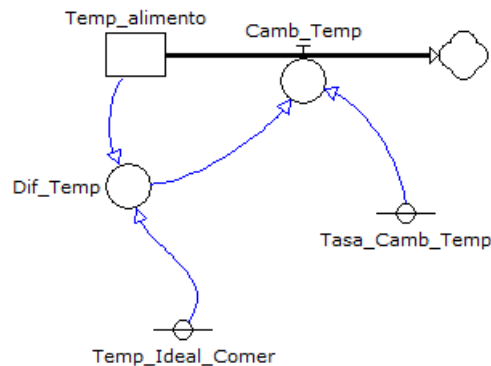
- b) En la imagen a continuación, se grafica el comportamiento del flujo de vaciado y la altura del agua en la botella, allí el estudiante puede apreciar que el flujo de vaciado del agua decrece rápidamente en el tiempo, al igual que lo hace la altura del agua.



8. El proceso de interpretación y análisis de los gráficos junto con el modelo, se realiza con el acompañamiento del docente, basado en las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Qué pasaría con la cantidad de agua en la botella, si esta tiene un orificio de un diámetro mayor (orificio más grande)?, ¿por qué?
- ¿Qué pasaría con el flujo de salida del agua, si la botella está a medio llenar (tres cuartas partes)?, ¿por qué?
- ¿Qué pasaría con flujo de salida si, el volumen de la botella aumenta (5000 ml)? ¿por qué?

9. Para finalizar a los estudiantes se les presenta el siguiente modelo que representa una situación análoga a la del modelo del vaciado de la botella. Modelo adaptado de Meadows (2008).



Responde a los interrogantes formulados en el cuestionario pensamiento operacional (Apéndice E).

### 3. Prototipo 3

**Nombre:** Modelo de llenado y vaciado de una botella.

**Objetivo:** Comprender el efecto que tiene el flujo de entrada y salida de agua, en un recipiente, sobre el nivel de equilibrio que puede alcanzar.

#### Habilidades de pensamiento a potenciar:

- Pensamiento causal: Considera que las causas del comportamiento del sistema dependen de la estructura del mismo y por ende de los elementos y relaciones que se establecen.

#### Recursos:

- Modelo evolución
- Computadores
- Software Evolución
- Recipientes de plástico (vasos, botellas, platos, etc).
- Agua.

### Desarrollo

1. El docente inicia la sesión formulando la pregunta, ¿Es posible mantener un nivel de agua dentro de la botella, cuando ingresa y sale agua del mismo?, ¿Qué hacer para lograrlo?

2. El docente registra en el tablero los aportes de cada uno de los estudiantes, respecto a la pregunta formulada.

3. Con los materiales solicitados los estudiantes en parejas realizan el experimento, el cual se divide en los siguientes pasos:

- Paso 1: Abrir un orificio de un 1cm de diámetro en el recipiente, a una altura de 1 cm de la base de la botella.
- Paso 2: Dejar llenar el recipiente con un flujo de entrada de agua muy alto (abrir todo el grifo).
- Paso 3: Ajustar el flujo de entrada del agua poco a poco hasta alcanzar la mitad del recipiente.
- Paso 4: Mantener el nivel del agua en la botella a la mitad, ajustando el flujo de entrada del agua o el flujo de salida.

4. Una vez finalizado el experimento, los estudiantes socializan con el grupo, partiendo de las siguientes preguntas orientadoras:

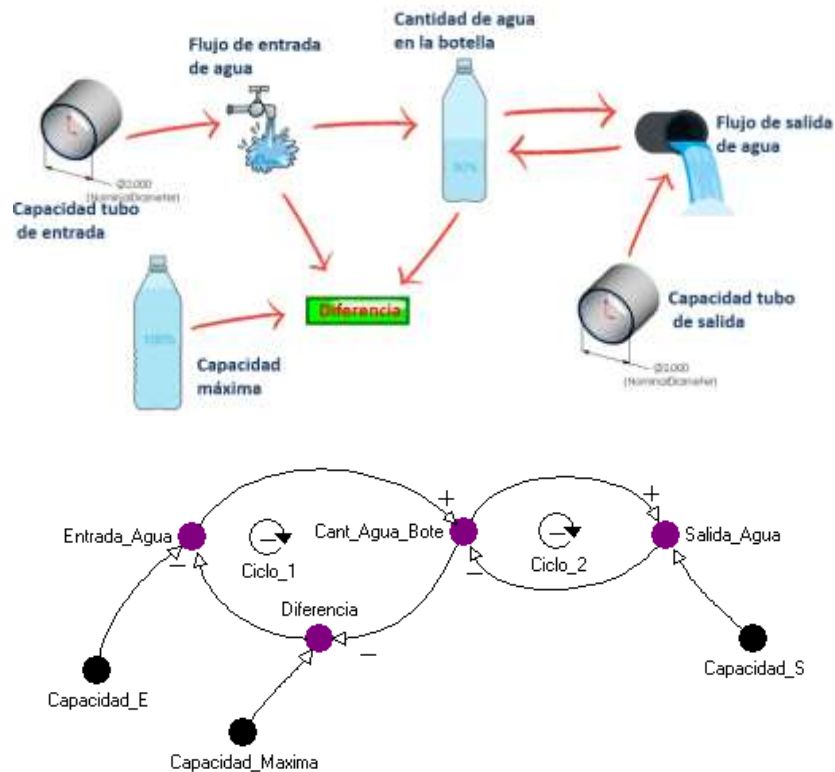
¿Fue posible mantener la cantidad de agua de la botella, a la mitad?

¿De qué depende que el nivel de agua dentro de la botella, se mantenga a la mitad?

¿En qué casos el nivel de agua dentro de la botella disminuyó?, ¿por qué?

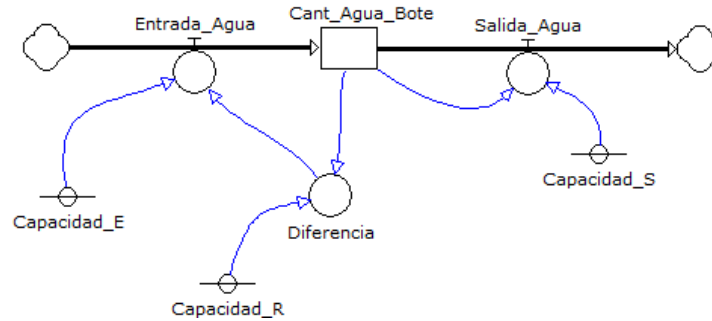
¿En qué casos el nivel de agua dentro de la botella aumentó?, ¿por qué?

5. Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes, se expone el modelo (diagrama de influencias) que relaciona los elementos que intervienen en el sistema.



El diagrama de influencias de la figura anterior se lee de la siguiente manera: A mayor flujo de entrada de agua, mayor cantidad de agua en la botella, por lo tanto la diferencia respecto a la capacidad máxima de la botella será menor. Cuando la diferencia disminuye, el flujo de entrada de agua también disminuye. En cuanto al flujo de salida de agua, este aumenta cuando la cantidad de agua en la botella también aumenta, pero a su vez cuando el flujo de salida aumenta, el nivel de agua dentro de la botella disminuye.

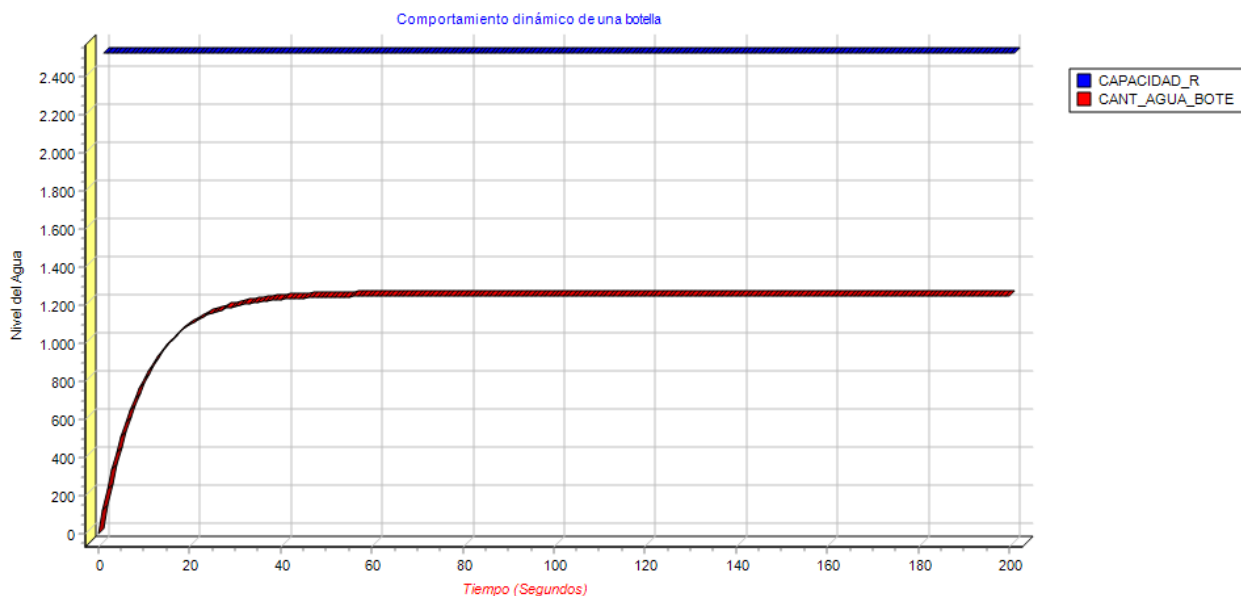
6. Con el diagrama de influencias comprendido, se expone el diagrama de flujos y niveles el cual incluye los siguientes elementos: un nivel (Cant\_Agua\_Bot: representa la cantidad de agua dentro de la botella), dos flujos (Entrada\_Agua: representa el flujo de entrada de agua al recipiente), (Salida Agua: representa el agua que sale del recipiente), una variable auxiliar (Diferencia: representa la discrepancia entre la capacidad del recipiente y el nivel de agua en el recipiente), y dos parámetros.



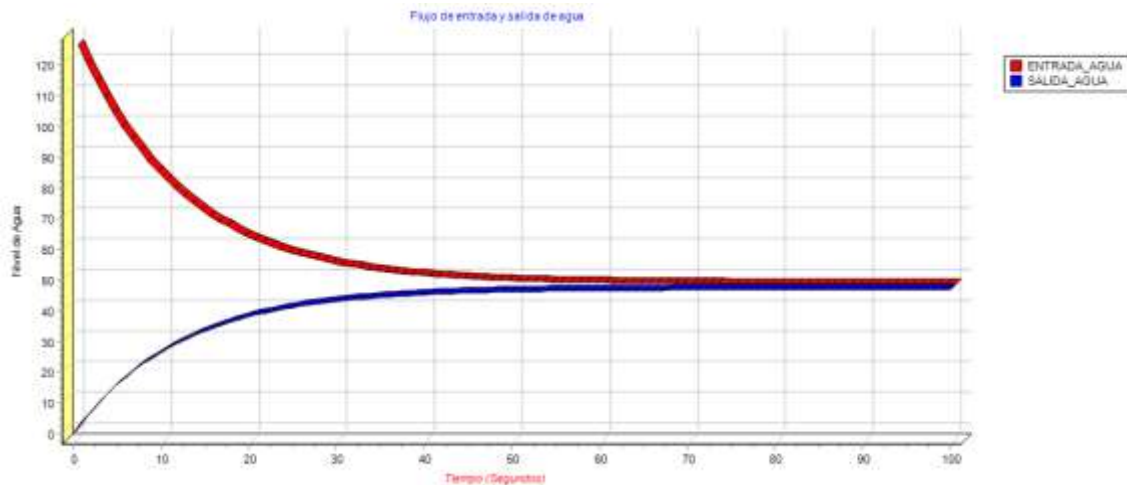
### 7. Simulación del comportamiento del modelo:

En la simulación que realiza el estudiante, puede observar como el efecto del flujo de entrada de agua al recipiente, repercute en el nivel de agua dentro del mismo y por ende genera que la diferencia disminuya, retornando al punto de inicio, es decir haciendo que el flujo de entrada disminuya. Pero a su vez el nivel de agua disminuye por el flujo de salida, que depende del nivel y la capacidad del tubo de desagüe.

- a) En la siguiente imagen se representa la variación en el nivel del agua dentro del recipiente, allí el estudiante puede apreciar, que si el flujo de entrada de agua es mayor al flujo de salida, el nivel del tanque alcanza el nivel deseado (cerca de 1600 ml), pero si se desea mantener dicho nivel, los dos flujos deben ser iguales.



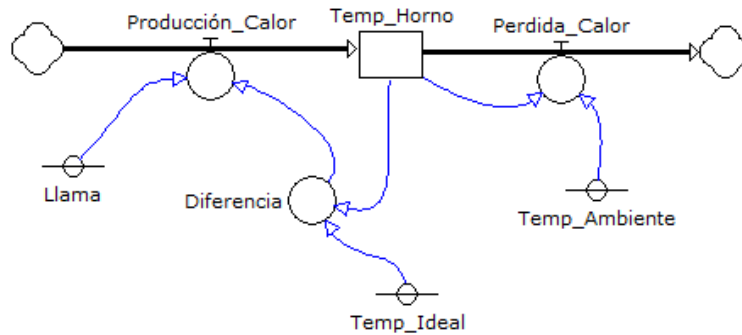
- b) Para el caso de los flujos de entrada y salida, en la siguiente imagen se representa su comportamiento. En ellos se puede apreciar como la entrada disminuye y la salida aumenta hasta que llegan al punto de equilibrio del nivel del recipiente.



8. La interpretación y análisis de los gráficos, se realiza con el acompañamiento del docente, lo cual permitirá que los estudiantes puedan responder las siguientes preguntas:

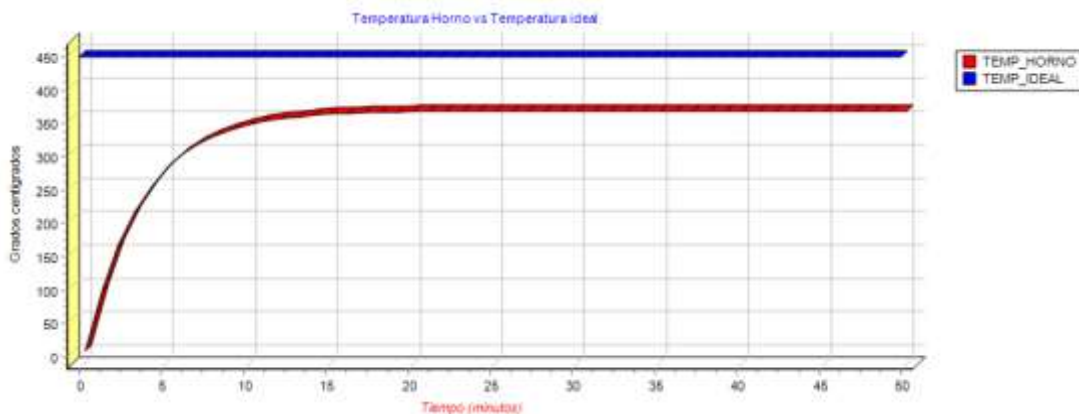
- ¿Qué pasaría con la cantidad de agua en la botella, si el flujo de entrada es menor que el flujo de salida?
- ¿Qué pasaría con la cantidad de agua en la botella, si el flujo de entrada es igual al flujo de salida?
- ¿Qué pasaría con la cantidad de agua en la botella, si este contiene ya un nivel inicial de agua (1000 ml)?

9. Finalmente a los estudiantes se les presenta el siguiente modelo que representa una situación análoga a la del modelo del llenado del recipiente. Modelo adaptado de Meadows (2008).



Los estudiantes leen el modelo y responden la siguiente pregunta:

¿Cuál considera que es la causa por la cual la temperatura del horno no llega a ser igual a la temperatura ideal? (tener en cuenta la gráfica)



#### 4. Prototipo 4

**Nombre:** Modelo de llenado y vaciado de un inodoro

**Objetivo:** Comprender el comportamiento dinámico del llenado y vaciado de un tanque de inodoro.

#### Habilidades de pensamiento a potenciar:

En este último modelo, se espera que los estudiantes puedan aplicar las habilidades de pensamiento desarrolladas en los modelos anteriores, las cuales les facilitarán la comprensión y explicación del comportamiento del inodoro.

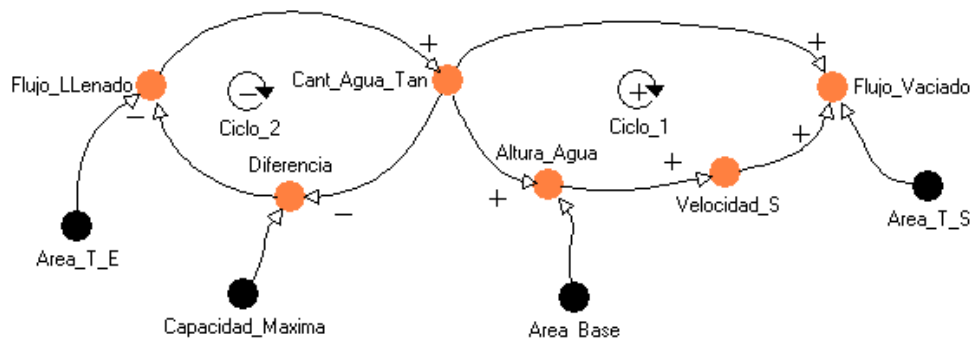
**Recursos:**

- Modelo evolución
- Computadores
- Software Evolución

### Desarrollo

1. El docente inicia la sesión retomando la pregunta referente a la situación problemática planteada: ¿Por qué funciona el inodoro de mi casa como lo veo funcionar?

2. Con la participación de los estudiantes acerca del comportamiento del inodoro, se construye el diagrama de influencias que se presenta a continuación.

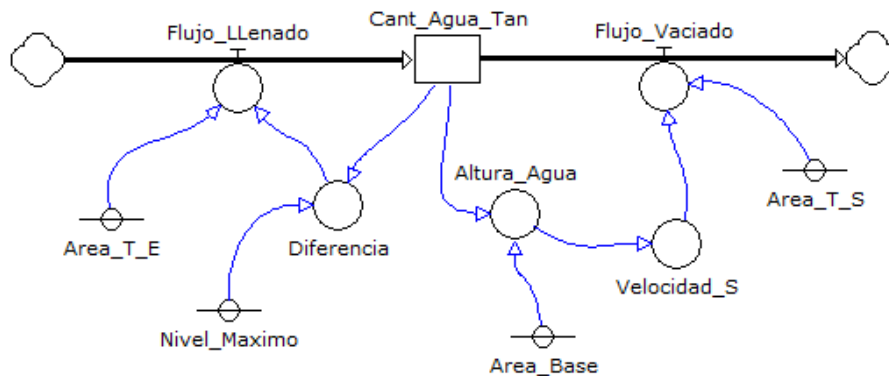


El diagrama de influencias se lee de la siguiente manera: En la medida en que la cantidad de agua del tanque disminuye, también lo hará la altura del agua, haciendo que la velocidad de salida disminuya y por ende el flujo de salida. Esto hace entonces que el tanque se desocupe, siempre y cuando el flujo de entrada sea a cero.

Una vez se ha descargado el tanque, el flujo de salida se cierra y la diferencia entre la cantidad de agua en el tanque y la capacidad máxima es grande, por ende el flujo de entrada de agua es alto, haciendo que el tanque tienda a llenarse rápido. Cuando la diferencia es muy pequeña, el flujo de entrada disminuye y por ende la cantidad de agua en el tanque aumenta de nivel a una tasa de cambio lenta.

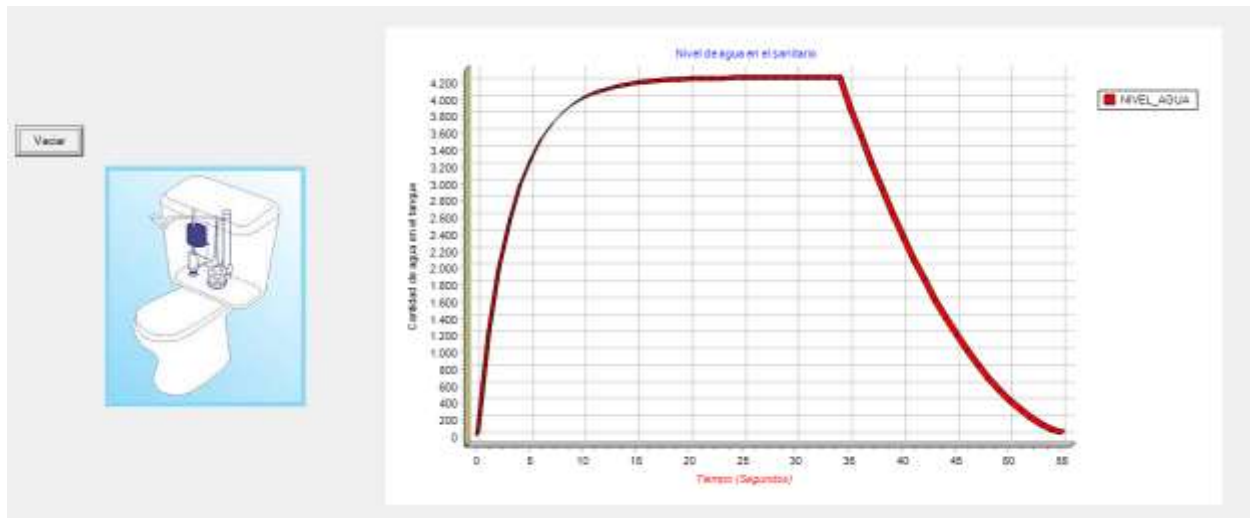
4. Con el diagrama de influencias comprendido, se expone el modelo de flujos y niveles el cual incluye los siguientes elementos: un nivel (Cant\_Agua\_Tan: representa la cantidad de agua

dentro del Tanque), dos flujos (Flujo\_LLenado: representa el flujo de entrada de agua al tanque), (Flujo\_Vaciado: representa el agua que sale del tanque), tres variables auxiliares (Diferencia: representa la discrepancia entre la capacidad máxima del tanque y el nivel de agua), (Altura\_Agua: representa la altura del agua dentro del tanque), (Velocidad\_S: representa la velocidad con que sale el agua) y cuatro parámetros.



##### 5. Simulación del comportamiento del modelo:

En la simulación que realiza el estudiante, se puede observar el comportamiento del llenado y posterior vaciado del tanque del inodoro, de manera particular el nivel del tanque. Este nivel inicia en cero y rápidamente aumenta la cantidad de agua, pasados unos segundos sigue aumentando el nivel a una tasa menor, hasta alcanzar un nivel máximo en el cual el flujo de entrada es cero. Con el tanque en su máxima capacidad, al halar de la palanca inicia el proceso de vaciado, el cual se da a una velocidad mayor que la del llenado. El estudiante puede observar que inicialmente hay un vaciado muy rápido y una vez se acerca al nivel mínimo, la cantidad de agua que sale es poca.



6. Una vez los estudiantes han realizado la simulación y han comprendido el comportamiento del sistema del inodoro, se aplica el instrumento modelos mentales (Apéndice B), que permite identificar los cambios en los modelos mentales de los estudiantes respecto a la pregunta problemática formulada al inicio de la secuencia de aprendizaje.

### Momento 5 ¿Cómo van mis habilidades?

**Tabla 8**

*Actividades de aprendizaje para el momento 5*

MOMENTO PEDAGÓGICO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIEMPO PREVISTO	RECURSOS
<b>Momento 5</b> <b>¿Cómo van mis habilidades?</b>	<b>Actividad 1:</b> Para el desarrollo de esta actividad, se realiza un cuestionario a los estudiantes pertenecientes a la muestra poblacional, el cual tiene como objetivo establecer el punto alcanzado en cuanto al desarrollo de habilidades pensamiento propuestas por Richmond (1997) y de esta manera conocer la construcción de explicaciones respecto a algunos sistemas tecnológicos.	1 Sesión	Cuestionario línea base (Apéndice F). Computadores de la sala de sistemas.
	<b>Actividad 2:</b> Entrevistas realizadas a cinco (5) estudiantes sobre la experiencia de		Guion de entrevista

aplicación de la propuesta formulada.

En este último momento, con la actividad 1, se pretende conocer el nivel alcanzado de las habilidades de pensamiento (dinámico, operacional y causal) propuestas por Richmond. Los estudiantes responden el cuestionario línea base, con el objetivo de evidenciar los cambios que hayan ocurrido en las habilidades.

En la segunda actividad los estudiantes responden las preguntas establecidas en el guion de entrevista, con el objetivo de conocer de manera detallada las percepciones e impresiones acerca de la experiencia vivida en el desarrollo de las actividades de aprendizaje.

#### **Apéndice B. Modelos mentales**

**Pregunta problémica: ¿Cómo crees que funciona el sanitario de tu casa?**

1. Con ayuda de colores y demás materiales, ubica en el dibujo las partes que consideras hacen que funcione el sanitario, así como los niveles y sentido de flujo del agua.



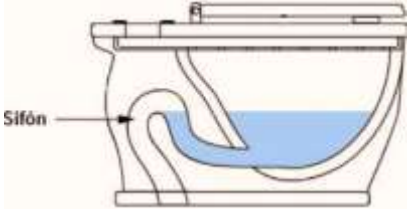
2. Apoyado en el dibujo y las partes que ubicó en el mismo, responda la siguiente pregunta: **¿Por qué funciona el sanitario de mi casa como lo veo funcionar?** (incluye la mayor cantidad de detalles que puedas. Recuerda que no hay respuesta incorrecta).

### Apéndice C. Rutina de pensamiento “Antes pensaba – Ahora pienso”

**Integrantes:**

1. Responde las siguientes preguntas, teniendo en cuenta las indicaciones del profesor

	<b>Antes pensaba</b>	<b>Ahora pienso</b>
¿Qué es el volumen del tanque (cisterna) del sanitario?		

<p>¿De qué depende que un tanque (cisterna) se llene rápido o lento?</p>		
<p>¿Por qué el sifón del sanitario tiene la forma que observamos en la imagen?</p> 		
<p>¿Por qué en la taza del sanitario el agua aumenta de nivel, se descarga y finalmente retorna a su nivel inicial?</p>		

#### Apéndice D. Rúbrica habilidades de pensamiento

Los niveles establecidos para las habilidades de pensamiento tienen en cuenta el dominio de estructura (como está organizado el sistema) propuesto por Arnold & Wade (2017).

Habilidad	Niveles
<b>Pensamiento dinámico</b>	<p>Nivel 1: No identifica el comportamiento creciente del nivel del agua y la necesidad de disminuir el flujo de entrada, hasta alcanzar la capacidad máxima (Volumen del recipiente), representado en el gráfico.</p> <p>Nivel 2: Comprende que el nivel de agua dentro del recipiente crece, pero no logra relacionarlo con el flujo cambiante de agua que ingresa al mismo, representado en el gráfico.</p> <p>Nivel 3: Comprende que el nivel de agua dentro del recipiente crece y logra relacionarlo con el flujo cambiante de agua que</p>

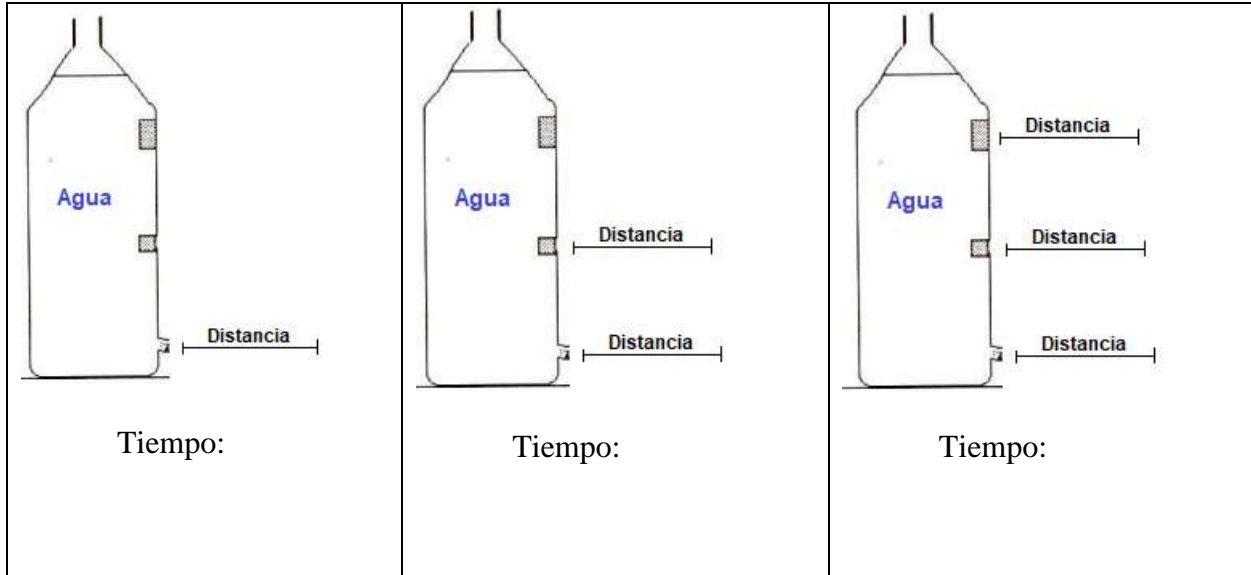
	ingresa al mismo, hasta alcanzar el nivel máximo, representado en el gráfico.
<b>Pensamiento como causa</b>	<p>Nivel 1: Considera que la causa del comportamiento del sistema es generada por un agente externo, como por ejemplo una fuerza aplicada por una persona.</p> <p>Nivel 2: Reconoce que las causas del comportamiento están dentro del sistema y por lo tanto los pesos iguales generan equilibrio en la barra, así como los pesos diferentes generan desequilibrio.</p> <p>Nivel 3: Comprende que la causa del comportamiento del sistema es ocasionada por la diferencia entre los pesos de los objetos, generando un desequilibrio en la barra, dirigida al costado donde se ubica el objeto más pesado.</p>
<b>Pensamiento Operacional</b>	<p>Nivel 1: No identifica elementos relacionados con el sistema de la carretilla y considera que el movimiento solo obedece a que la persona es muy fuerte.</p> <p>Nivel 2: Identifica diferentes elementos como el peso de la carga, la fuerza aplicada, el brazo de palanca, distancia del peso al punto de apoyo (brazo de resistencia), pero no los logra relacionar.</p> <p>Nivel 3: Identifica diferentes elementos como el peso de la carga, la fuerza aplicada, el brazo de palanca, distancia del peso al punto de apoyo (brazo de resistencia) y logra relacionarlos en el mapa conceptual o pintura enriquecida.</p>

## Apéndice E. Pensamiento Operacional

**Estudiantes:**

1. Realiza el experimento y registra los datos que observas en la siguiente tabla

Vaciado de la botella con un orificio	Vaciado de la botella con dos orificios	Vaciado de la botella con tres orificios
---------------------------------------	-----------------------------------------	------------------------------------------



2. Basado en los modelos presentados en la sesión (modelo del vaciado de una botella y el modelo del cambio de temperatura de un alimento). Realiza una pintura enriquecida o un diagrama de flujos y niveles de un sistema que usted considera que tiene un comportamiento similar y explica las relaciones entre cada uno de los elementos

Diagrama flujo-nivel o pintura enriquecida

A continuación explica el modelo representado:

---



---



---



---



---



---

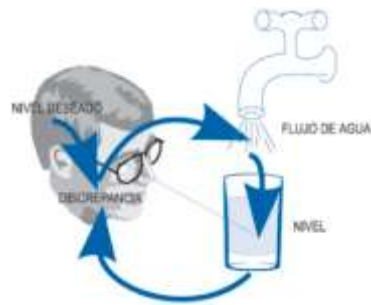


---

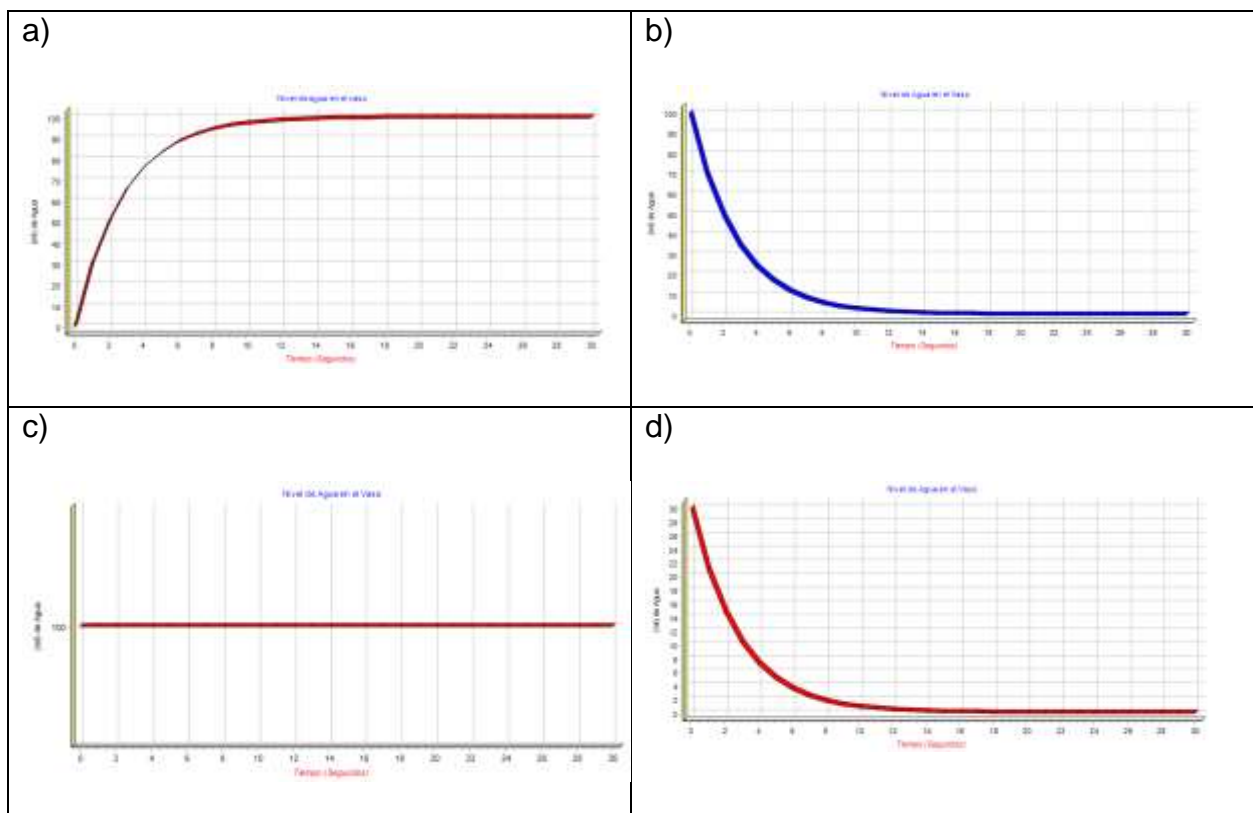
## Apéndice F. Línea base prueba de entrada y salida

### FORMULARIO PRUEBA DE ENTRADA – HABILIDADES DE PENSAMIENTO

1.



Un estudiante de grado séptimo desea llenar un vaso, con capacidad para 100 ml, con agua. El grifo (llave de abrir o cerrar) lo ajusta de tal manera que se logre llenar hasta su máxima capacidad, sin dejarlo rebasar. El gráfico que representa el comportamiento de llenado y cambio en el nivel de agua en el vaso en el tiempo es:



Explica la respuesta señalada:

---

---

---

---

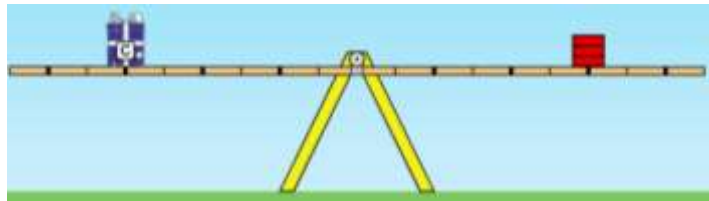
---

---

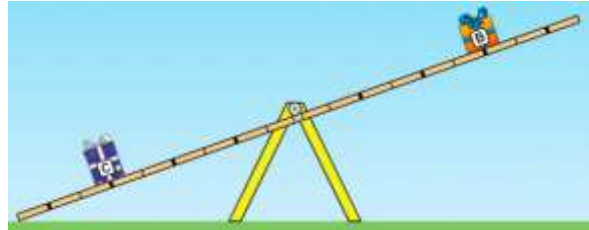
---

2. Observa las tres situaciones representadas en las imágenes

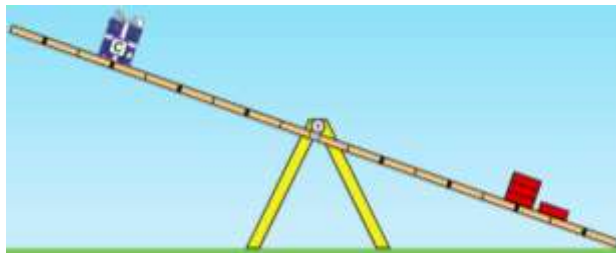
**Situación 1**



**Situación 2**



**Situación 3**



Teniendo en cuenta lo observado y analizado en las situaciones 1 y 2, responde la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las causas por las cuales se observa el comportamiento de la situación 3?,  
Explica tu respuesta

---



---



---



---



---

### 3. Propuesta de pregunta:



Teniendo en cuenta la situación representada en la imagen anterior y considerando los elementos observados, escriba y relacione los elementos que usted considera permiten explicar que la persona puede levantar la carga (tierra), que está dentro de la carretilla.

### Apéndice G. Diarios de campo de cada una de las sesiones

#### DIARIO DE CAMPO

**Nombre de la sesión:** Momento 2 - Explorando modelos mentales.

**Fecha:** 22-03-2022

**Duración:** Una hora y 25 minutos.

**Objetivo de la sesión:** Identificar los elementos, las relaciones y las partes que los estudiantes identifican en el sistema del inodoro, así como las representaciones que cada participante realiza del sistema.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas de la institución educativa “Henry Daniels”

### **Observaciones y percepciones**

#### **Apertura**

El docente inicia la sesión a la 1:00 de la tarde dando el saludo a los estudiantes, recordando a los estudiantes una actividad que debían realizar en la casa (con el apoyo de un familiar), la cual consistía en observar el funcionamiento y las partes del inodoro. También se aclara la pregunta problémica de toda la secuencia didáctica “¿Por qué funciona el sanitario de mi casa como lo veo funcionar?”.

#### **Desarrollo de la actividad**

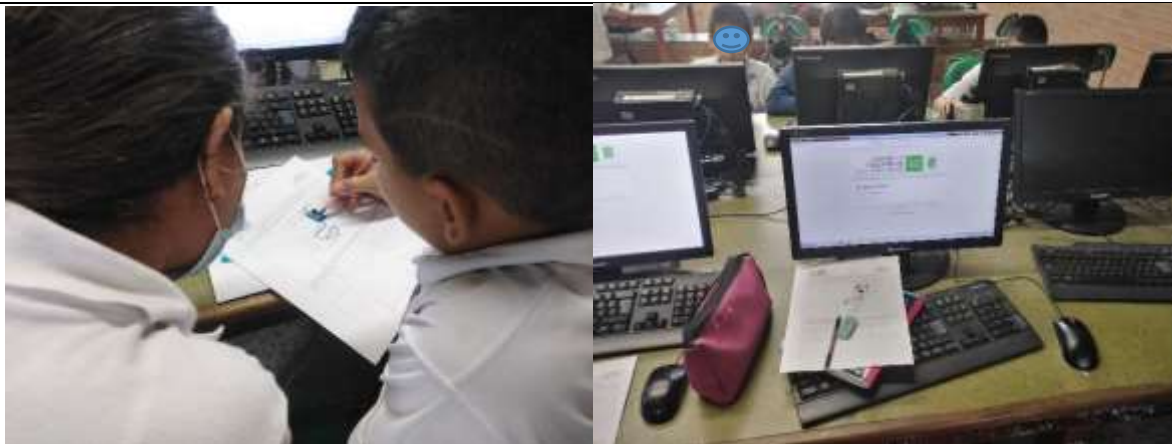
Se entrega una copia del formato modelos mentales (apéndice B), para que cada estudiante lo pueda observar y responder. Cuando se pide a los estudiantes que ubiquen los diferentes elementos del sistema del inodoro en el gráfico correspondiente, algunos se notan preocupados y de inmediato tratan de buscar en internet alguna información que les permita responder, por ello en sus modelos mentales incluyen una variedad de elementos. Transcurridos unos minutos el docente se da cuenta de esta situación y hace la aclaración que la actividad se debe responder únicamente con lo que conocen del sistema o lo que hayan podido observar en sus casas.

La gran mayoría del grupo de estudiantes realiza la actividad únicamente con lo que observaron, con lo que conocen del sistema o dialogando con sus compañeros e intercambiando sus saberes. Algunos estudiantes se interesan por la actividad y preguntan acerca de si hacen falta más elementos o está “correcto” lo que ya hicieron, lo cual evidencia que existe un condicionante a obtener respuestas que sean correctas para el docente y no lo que ellos consideran o quieren agregar a su representación.

Posteriormente se pasa al segundo punto que implica responder la pregunta problémica, allí a los estudiantes se les evidencia un poco cansados y con poca motivación para realizar la actividad.

Para el momento de socializar en grupo las representaciones y las hipótesis escritas, los estudiantes se muestran más motivados, lo cual refleja su agrado por el desarrollo de actividades grupales. En una gran parte del grupo se observa que realizan el ejercicio de discutir o complementar sus ideas acerca del sistema y su comportamiento e incluso algunos grupos por iniciativa propia le explican al docente lo dialogado en el grupo.

Finalmente se realiza la plenaria con las respuestas de cada grupo, allí los estudiantes se muestran muy interesados en la actividad estando atentos a las preguntas formuladas por el docente, con muchas ganas de participar, lo cual refleja que los estudiantes se sienten más cómodos expresando sus ideas de forma oral y no tanto escrita. Pero además se nota el aporte que hace el grupo en la formulación de sus explicaciones las cuales son más clara y con mayor cantidad de elementos.



### Cierre

Con el objetivo de reunir las intervenciones de los estudiantes así como las ideas expresadas por los estudiantes el docente realiza una explicación del sistema en donde nuevamente los estudiantes intervienen con sus aportes.

## DIARIO DE CAMPO

**Nombre de la sesión:** Momento 3 – Estudiemos el sistema.

**Fecha:** 23-03-2022

**Duración:** Una hora y 33 minutos.

**Objetivo de la sesión:** Estudiar los conceptos y principios científicos y tecnológicos, relacionados con el sistema del inodoro, así como propiciar un ambiente que permita la participación, la observación y la interpretación en los estudiantes.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas de la institución educativa “Henry Daniels”

### Observaciones y percepciones

#### Apertura

El docente inicia la sesión a la 6:40 de la mañana dando el saludo a los estudiantes e indicando el objetivo de la sesión.

Los estudiantes descargan un formato rutina de pensamiento (Apéndice E) e inician con el diligenciamiento del mismo en la columna “antes pensaba”, allí se observa que los estudiantes tratan de dar respuesta a los interrogantes planteados únicamente con lo que ellos conocen o recuerdan, lo cual podría evidenciar una actitud de apertura al aprendizaje, identificando los saberes previos.

**Desarrollo de la actividad**

Una vez los estudiantes han respondido los interrogantes se proyecta el video titulado: Como funciona el retrete (<https://www.youtube.com/watch?v=zIQk4amFlyU>), la mayoría de los estudiantes muestran interés y prestan atención al mismo, reflejado algunas preguntas que el docente realiza y los estudiantes responden.

Una vez finaliza el video el docente pide que formulen al docente preguntas e inquietudes acerca del video, a lo cual un estudiante formula una inquietud relacionada con el tema, esto refleja que no solo hay un interés por el tema sino que además establece relación con lo que ya conoce o su experiencia de vida cotidiana.

Posteriormente el docente realiza una presentación con imágenes relacionadas con algunos conceptos como área, volumen, mecanismo de descarga, entre otros y los estudiantes participan de forma según sus interpretaciones de lo observado en el video.

En esta misma etapa responden los interrogantes planteados en la rutina de pensamiento (Apéndice E), pero en la columna “ahora pienso”, en donde se evidencia que algunos estudiantes presentan dificultades para explicar lo que de forma oral expresan con mayor claridad. También se observa que ante los interrogantes planteados por el docente, varios estudiantes se toman unos instantes de tiempo para expresar sus ideas, lo cual puede significar que hay un ejercicio de organización de ideas previo a sus respuestas. Esto en comparación con la sesión anterior e incluso con la prueba diagnóstica en donde se observa que algunos estudiantes respondían de forma prematura sin tener una mayor claridad de sus ideas.

Durante esta etapa se observa que hay estudiantes que se dispersan fácilmente o utilizan la conexión a internet para hacer actividades diferentes a las que se estaban trabajando en la clase, lo cual sugiere que se pudo haber desarrollado la misma actividad de una forma un poco más lúdica incluyendo por ejemplo actividades como sopas de letras, crucigramas, organizar esquema entre otros.

**Cierre**

Para finalizar la sesión se da un espacio para que los estudiantes puedan expresar su percepción acerca de la sesión, en la cual resaltan el uso de los videos para explicar un tema, el tema en sí mismo y el uso de las imágenes y animaciones.

En cuanto a los aspectos que no les gustaron, refieren que hay pereza lo que podría significar que la actividad no fue lo suficientemente motivante.

También surge un comentario acerca de la participación de un estudiante en repetidas ocasiones, que según la interpretación de los compañeros los deja sin ideas para participar, a lo cual sería importante darle el turno de participación primero a otros compañeros del grupo.

También es importante generar una estrategia para que los estudiantes opinen acerca de la sesión que no sea de forma oral y puedan hacerlo de forma escrita y anónima, para permitir que tengan más confianza de expresar los aspectos que lo les gusta acerca de la sesión de trabajo.

### DIARIO DE CAMPO

**Nombre de la sesión:** Momento 4 – Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas

**Fecha:** 24-03-2022

**Duración:** Una hora y 13 minutos.

**Objetivo de la sesión:** Identificar la dinámica de cambio en el juego entrada-salida, determinando los elementos que hacen que se produzca el cambio.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas y polideportivo de la institución educativa “Henry Daniels”

#### Observaciones y percepciones

##### Apertura

El docente inicia la sesión a las 12:47 de la tarde dando a conocer a los estudiantes la actividad lúdica que se realizará y el objetivo que se pretende con dicha actividad.

Los estudiantes se muestran muy interesados por realizar la actividad y a la expectativa por desarrollar el juego.

##### Desarrollo de la actividad

Con las explicaciones del docente, los estudiantes se dirigen al polideportivo y allí realizan la actividad.

Los estudiantes que participan del juego reflejan una actitud de disposición, expectativa y atención a las indicaciones del docente. Algunos estudiantes que registran las jugadas al principio se muestran confundidos acerca de lo que está pasando en el juego, pero poco a poco empiezan entender la dinámica del juego. En esta parte es importante resaltar que faltó por parte del docente dar claridad a las reglas del juego.

Cuando el docente realiza preguntas acerca del juego, un parte del grupo que registra los datos responden, reflejando que están entendiendo la dinámica del juego y los cambios que se está generando en el cuadro principal.

De regreso en la sala de sistemas, los estudiantes que estaban haciendo de jugadores completan la tabla y realizan la gráfica de los datos (columnas 1 y 4). Algunos estudiantes tienen dudas acerca de la forma de representar los datos, pero los mismos compañeros les explican.

Para el análisis de la gráfica, el docente formula preguntas, las cuales los estudiantes se muestran muy interesados en responderlas, dejando un poco el miedo a equivocarse.

En las participaciones de algunos estudiantes, resalta la capacidad para explicar con facilidad y claridad sus ideas, así como haciendo aclaraciones a los compañeros en cuyas intervenciones no coinciden.

El trabajo con el simulador se evidencia que asocian el modelo representado con el juego realizado y algunos estudiantes cuando realizan modificaciones a los parámetros (fichas\_entran y fichas\_salen) identifican el comportamiento representado allí (creciente, decreciente, constante).

Algunos estudiantes manifiestan dudas acerca del manejo del software en cuanto al manejo de las ventanas y la forma de generar gráficas.

En algunas intervenciones de los estudiantes acerca del análisis del gráfico, se reflejan conclusiones importantes, como por ejemplo que cuando la gráfica es horizontal, no se evidencia ningún cambio en el cuadro principal, o cuando la gráfica crece se aprecia una acumulación de jugadores.

Nuevamente en esta sesión se resalta el papel de la pregunta para permitir que emerjan explicaciones por parte de los estudiantes o facilitar la reconstrucción de ideas.



### Cierre

Con el objetivo de conocer la opinión acerca de la sesión realizada, se pide a los estudiantes que para finalizar el trabajo de la sesión respondan un cuestionario con preguntas relacionadas con la actividad desarrollada determinando aspecto que le hayan gustado y aspectos que no le gustaron.

**DIARIO DE CAMPO**

**Nombre de la sesión:** Momento 4 – Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas

**Prototipo 1:** Modelo llenado de un recipiente

**Fecha:** 29-03-2022

**Duración:** Una hora y 10 minutos.

**Objetivo de la sesión:** Identificar el efecto que tiene, la cantidad de agua en la botella, en el flujo de agua que ingresa a esta.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas de la institución educativa “Henry Daniels”

**Observaciones y percepciones****Apertura**

El docente inicia la sesión a las 12:38 de la tarde dando a conocer a los estudiantes la actividad a realizar y el objetivo que se pretende con dicha actividad.

Los estudiantes se reflejan una actitud de dispersión debido a que la clase inicia después de la hora de almuerzo.

**Desarrollo de la actividad**

Con la lectura de la pregunta problema por parte del docente, los estudiantes formulan algunas hipótesis acerca del comportamiento de llenado de un vaso con agua de un grifo, evidenciando en las participaciones algunos elementos que intervienen como el nivel del agua, un elemento de control (mecanismo electrónico o un observador).

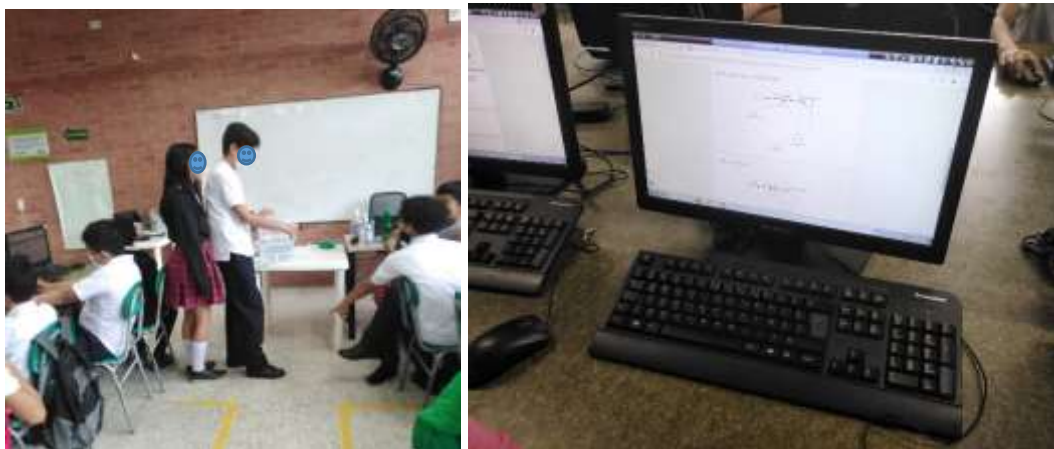
Se realiza el experimento por parte de algunos estudiantes, del llenado del vaso, allí se observa que la mayoría de los estudiantes quieren participar, lo que refleja una actitud de interés hacia el experimento. Una vez concluido el experimento los estudiantes reflexionan sobre el mismo con las preguntas orientadoras, allí se observa que la mayoría de los estudiantes quieren participar, en las primeras participaciones se evidencia que algunos estudiantes no observaron con detenimiento el experimento, pero con las preguntas mediadoras del docente las intervenciones evidencian una comprensión del mismo, con afirmaciones como que el flujo de agua que ingresa al vaso cambia a medida que se ajusta el grifo. En este momento se observa que sus explicaciones incluyen las variaciones en el nivel y flujo de agua que ingresa, lo cual refleja el papel del experimento en la comprensión del sistema.

Una vez concluida la etapa de experimentación, se presenta el diagrama de influencias en donde los estudiantes presentan dificultad para interpretarlo, lo cual se refleja en la nula participación de los estudiantes y en la expresión de incertidumbre de sus rostros, esto puede obedecer a que no están acostumbrados a interpretar este tipo de diagramas, pero con las preguntas orientadoras del docente a construir una idea más elaborada del mismo.

En la etapa de simulación con el diagrama flujo-nivel, los estudiantes relacionan los elementos (parámetro, nivel y flujo) con los elementos identificados en el experimento, esto puede reflejar que el experimento ayudó a tener claros dichos elementos, pero además se evidencia que las unidades también las identifican.

Realizando la simulación del modelo se observa que algunos estudiantes no tienen dominio completo del software evolución, pero esto mejora con las aclaraciones del docente y las explicaciones de los compañeros. Conforme la simulación se realiza y se hacen variaciones en los parámetros y el nivel, los estudiantes construyen unas ideas con mayor claridad reflejadas en las explicaciones que realizan, en este sentido se resalta el papel de la simulación para recrear diferentes escenarios y desde cada escenario construir una explicación con mayor cantidad de elementos pero además estableciendo relaciones entre los mismos. También se observa que los estudiantes ya no se preocupan por buscar en internet las respuestas a las preguntas, sino que con las interpretaciones que realizan construyen sus ideas.

En las explicaciones que realizan se evidencia también la habilidad de pensamiento dinámico, evidenciada por medio de explicaciones en donde el estudiante argumenta que al cambiar el flujo de entrada de agua variando la velocidad, el tiempo de llenado disminuye, pero además reconociendo que tanto el nivel del agua como el flujo cambian a lo largo de la simulación (tiempo en segundos) hasta el punto en que se llena el vaso.



### Cierre

Una vez realizada la etapa de simulación, los estudiantes observan un modelo análogo y se pide que realicen una interpretación del mismo, en la cual se observa que no existe una comprensión del mismo. Con algunas preguntas formuladas por el docente se explica el modelo y finalmente se pide que propongan un ejemplo de situación que consideran tiene un comportamiento similar, a lo cual tres parejas de estudiantes mencionan ejemplos, como el de ahorro del dinero, el agua en una lavadora y el consumo de energía derivado del uso de bombillas en la casa.

Con el objetivo de conocer la opinión acerca de la sesión realizada, se pide a los estudiantes que para finalizar el trabajo de la sesión mencionen los aspectos que les gustaron de la clase mencionando que dejaba participar a los estudiantes, lo cual fue refutado por otra estudiante que indica que la participación la daba siempre a los mismos estudiantes.

**DIARIO DE CAMPO**

**Nombre de la sesión:** Momento 4 – Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas

**Prototipo 2:** Modelo vaciado de un recipiente

**Fecha:** 30-03-2022

**Duración:** Una hora y 40 minutos.

**Objetivo de la sesión:** Analizar el comportamiento del vaciado de una botella, el cual depende del volumen de agua dentro del tanque.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas de la institución educativa “Henry Daniels”

**Observaciones y percepciones****Apertura**

El docente inicia la sesión a las 6:40 de la mañana indicando a los estudiantes el objetivo de la sesión y el modelo a trabajar. También se menciona la pregunta problémica que se está trabajando en la secuencia.

Los estudiantes participan generando hipótesis acerca de la pregunta que orienta la interpretación del modelo, a la cual los estudiantes generan algunas ideas acerca sobre los elementos como la posición, el estado y el diámetro del orificio.

**Desarrollo de la actividad**

Con las indicaciones del docente se explica el experimento, los estudiantes siguen las orientaciones y realizan las actividades planteadas. Los estudiantes realizan la actividad de experimentación con motivación e incluso algunos estudiantes hacen cambios en el experimento como por ejemplo tapar la botella cuando se está desocupando por uno de los orificios.

En el desarrollo de la actividad del experimento los estudiantes registran los datos (tiempo que tarda en desocuparse la botella y distancia que alcanza el flujo de agua), algunos estudiantes comentan con sus compañeros hipótesis que pueden explicar el fenómeno, relacionando la presión, el peso del agua y la cantidad de agua dentro de la botella.

Finalizada la etapa de experimentación y por medio de preguntas orientadoras los estudiantes reflexionan acerca de lo observado en el experimento, allí mencionan que el flujo de salida del agua cambió durante el tiempo de vaciado de la botella, por elementos como la presión y la cantidad de orificios que tiene la botella. De igual manera respecto al tiempo de vaciado, asociando la cantidad de orificios con un mayor flujo de salida, lo cual fue verificado con los tiempos tomados durante la experiencia. En cuanto a la distancia que alcanza el flujo de salida identifican que alcanza mayor distancia cuando el orificio está más cerca de la base de la botella. Con estas interpretaciones se observa que ha habido una comprensión del sistema por parte de la mayoría de los estudiantes. Pero además se observa que hay una mayor claridad al momento de expresar sus ideas.

Una vez concluida la etapa de experimentación, se presenta el diagrama de influencias en donde se observó que algunos estudiantes realizan una explicación de lo que interpretan del diagrama de influencias. Esto indica que ha habido una mayor interpretación del modelo respecto al modelo del llenado de un recipiente (modelo uno), la cual podría explicarse debido a que es la segunda sesión que trabajan la interpretación de diagramas. También se observa que este diagrama de influencias se entiende más si se incluyen dibujos o imágenes que representan los elementos allí relacionados. Además se observa que para algunos estudiantes es más sencillo describir la influencia (aumenta o disminuye) de un elemento respecto al otro.

En la etapa de simulación con el diagrama flujo-nivel, los estudiantes relacionan los elementos (parámetro, nivel y flujo) con aquellos identificados en el experimento.

Realizando la simulación del modelo se observa que muchos estudiantes ya tienen un mayor dominio para operar con del software Evolución. También se resalta que los estudiantes tienen manejan la mayoría de las unidades como por ejemplo (mililitros, centímetros cúbicos) para el caso del volumen o centímetros cuadrados para el caso del área.

Conforme la simulación se realiza y se hacen variaciones en los parámetros y el nivel, los estudiantes construyen unas ideas relacionando sus ideas con los elementos que intervienen en el sistema. También se observa una mayor participación en las preguntas orientadoras, reflejando un mayor interés por el trabajo desarrollado en la simulación, e incluso algunos estudiantes que antes no habían participado, ahora lo hacen.

En las explicaciones que realizan se observa que unos pocos estudiantes realizan comparaciones respecto a los cambios en los parámetros o niveles en la simulación. También se observa una mayor destreza para opera con el software y por ello se atreven a proponer nuevos escenarios de simulación. La habilidad del pensamiento se observa con mayor frecuencia en las interpretaciones, reflejada en explicaciones que tienen en cuenta al sistema como algo cambiante y no como algo estático, así como en la capacidad para incluir en las explicaciones los cambios cuantitativos y los respectivos cambios cualitativos que se generan en el sistema.

Finalmente se resalta que algunos estudiantes logran tener en cuenta diferentes condiciones para responder a un interrogante, como por ejemplo al preguntar lo que pasaría con el flujo de salida si el orificio de salida está cerca de la base o está cerca del nivel máximo.



### Cierre

Una vez realizada la etapa de simulación, los estudiantes observan un modelo análogo y se pide que puedan dar un ejemplo de modelo con comportamiento similar al abordado en la sesión. Algunos estudiantes logan platear un sistema similar y muy pocos estudiantes construyen el diagrama de flujo-nivel de su ejemplo.

La sesión de trabajo finaliza con la entrega de la actividad por parte de los estudiantes.

## DIARIO DE CAMPO

**Nombre de la sesión:** Momento 4 – Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas

**Prototipo 3:** Modelo llenado y vaciado

**Fecha:** 30-03-2022

**Duración:** Una hora y 50 minutos.

**Objetivo de la sesión:** Comprender el efecto que tiene el flujo de entrada y salida de agua, en un recipiente, sobre el nivel de equilibrio que puede alcanzar.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas de la institución educativa “Henry Daniels”

### **Observaciones y percepciones**

#### **Apertura**

El docente inicia la sesión a las 12:50 de la tarde indicando a los estudiantes el objetivo de la sesión y el modelo a trabajar. También se aclara el experimento a realizar en la parte inicial de la sesión.

Los estudiantes participan indicando si es posible o no mantener un nivel determinado en la botella, cuando en ella entra agua, pero además hay salida de agua. La mayoría de los estudiantes considera que si es posible, debido a factores como la velocidad de entrada y salida de agua, el diámetro del tubo de entrada y el orificio de salida, así como la cantidad de agua que ingresa y sale del sistema. En estas intervenciones se puede observar que los estudiantes que participan tienen en cuenta diferentes elementos en cuenta para justificar la explicación del sistema planteado.

Pero además los estudiantes que participan expresan algunas posibles causas del comportamiento del sistema, como por ejemplo el equilibrio entre lo que entra al sistema y lo que sale del sistema. Es decir que el sistema funcionará o no dependiendo de una condiciones particulares.

#### **Desarrollo de la actividad**

Se realiza un experimento en el cual los estudiantes participan, allí algunos estudiantes confirman lo que ya habían planteado como posible comportamiento del sistema, indicando que cuando el flujo de entrada es mayor que el flujo de salida, el agua en la botella aumenta de nivel y que por el contrario cuando el flujo de entrada es menor que el de salida el agua en la botella disminuye, pero además indican que cuando los flujos de entrada y salida se nivelan logra mantenerse en nivel a la mitad.

Una vez concluida la etapa de experimentación, se presentó el diagrama de influencias, allí se observó en los estudiantes que participaron respondiendo las preguntas, que hay una mayor apropiación de los elementos presentes en el diagrama de influencias, por ejemplo el nivel de la botella, el área de los orificios de entrada y salida, el nivel deseado, los flujos de entrada y salida, así como la diferencia entre el nivel actual de la botella y el nivel deseado

En este punto se observa que los estudiantes por sí solo no explican las relaciones de influencia entre los elementos del sistema, representadas en el diagrama, por ello el docente basado en preguntas, orienta dicha interpretación, lo cual indica puede indicar que se necesita reforzar dicha habilidad en los estudiantes. Esto significa que los estudiantes ven el diagrama de influencias como un listado de elementos del sistema, pero no como un conjunto de elementos en los que se establecen unas relaciones de influencia. Con la orientación del docente si realizan dicho proceso interpretativo.

Realizando la simulación del modelo se observa que hay mayor fluidez en el manejo del simulador, pero además tienen en cuenta las unidades de cada uno de los elementos del diagrama flujo nivel, adicionalmente se observa en algunos estudiantes una mayor capacidad para interpretar las relaciones que se establecen entre los parámetros, flujos y niveles.

En este punto se aclara que se presentan algunos elementos distractores, como el internet de los computadores, la salida de estudiantes de los salones contiguos a la sala y la visita de docentes externos a la clase, genera que una gran parte de los estudiantes dialoguen sobre temas diferentes a la clase, aunque

también se podría asociar a la necesidad de realizar una pausa activa en la clase, teniendo en cuenta que la sesión se realiza en las dos últimas horas de la jornada escolar.

Conforme la simulación se realiza y se hacen variaciones en los parámetros y el nivel, los estudiantes expresan las interpretaciones que realizan acerca de los gráficos observados, explicando las razones por las cuales se presentan los cambios. Como en el caso en donde el flujo de entrada y salida son iguales, las explicaciones giran en torno a un equilibrio del nivel de la botella, causado por la equivalencia entre la cantidad de agua que ingresa y la que sale del sistema.

Se observa una mayor destreza en el manejo del software Evolución, reflejado en algunos estudiantes, quienes realizan variaciones que ellos consideran interesantes en el modelo llevándolo a escenarios en los cuales el comportamiento es inestable, como por ejemplo cuando se ingresa un valor grande en el área de entrada, en donde los estudiantes observaron en la gráfica un sobrepico en el nivel de agua, haciendo que fuese necesario realizar explicaciones por parte del docente, para dar claridad a lo que se estaba manifestando en la gráfica.

También en este punto se aclara que uno de los estudiantes manifiesta que la pregunta número tres relacionada con la interpretación del modelo está mal formulada, allí el estudiante argumenta con que a la pregunta le hace falta aclarar, como es el flujo de entrada y de salida para poderla responder. Esto podría representar en gran medida la habilidad del estudiante para realizar interpretaciones y reflexionar acerca de lo que se está explicando.



### Cierre

Una vez realizada la etapa de simulación, los estudiantes observan un modelo análogo y se pide puedan explicar el modelo análogo presentado, usando un cuestionario. Adicionalmente se les indica que propongan un modelo análogo que pueda representar una situación similar a la representada en los dos modelos

La sesión de trabajo finaliza con la entrega de la actividad por parte de los estudiantes.

**DIARIO DE CAMPO**

**Nombre de la sesión:** Momento 4 – Exploremos explicaciones con dinámica de sistemas

**Prototipo 4:** Modelo del comportamiento del llenado y vaciado de un tanque del inodoro

**Fecha:** 01-04-2022

**Duración:** Una hora.

**Objetivo de la sesión:** Comprender el comportamiento dinámico del llenado y vaciado de un tanque de sanitario.

**Participantes:** Estudiantes del grado séptimo uno (28 estudiantes correspondiente a la población seleccionada y 10 estudiantes del grupo) y docente investigador.

**Técnica aplicada:** Observación participante.

**Lugar:** Sala de sistemas de la institución educativa “Henry Daniels”

**Observaciones y percepciones****Apertura**

El docente inicia la sesión a las 10:10 de la mañana indicando a los estudiantes el objetivo de la sesión y el modelo a trabajar. También se retoma la pregunta problémica de la secuencia didáctica.

**Desarrollo de la actividad**

Los estudiantes observan el diagrama de influencias o diagrama causal y en parejas formulan algunas explicaciones acerca de lo interpretado, en la mayoría de las explicaciones que realizan los estudiantes se observa que hacen una lectura de los elementos relacionados en el diagrama, pero muy pocos estudiantes hacen una lectura en términos de influencias, es decir cuando un elemento aumenta o disminuye en qué medida genera un cambio en el otro elemento que está relacionando, como por ejemplo explicar cómo el área del tubo genera un mayor flujo y si el flujo de entrada aumenta, el nivel del agua también aumentará.

Con la interpretaciones de los estudiantes, se formulan algunas preguntas que permiten profundizar en las relaciones de influencia que se dan en el sistema, en ellas se observa que los estudiantes logran establecer la mayoría de relaciones de influencia, esto puede indicar que una manera de que afloren las explicaciones, es por medio de preguntas que les generen los desequilibrios en sus modelos mentales y de esta manera puedan relacionar los saberes para construir nuevas explicaciones.

En etapa de simulación los estudiantes se observan muy interesados en el modelo teniendo en cuenta que este tiene un animador, esto se refleja por medio de comentarios como “ya descubrí como funciona”. Los estudiantes exploran el modelo y rápidamente con la gráfica representada, identifican que se está representando el vaciado y llenado del tanque del inodoro. En este punto se resalta el gran aporte de las gráficas y la habilidad para interpretarlas por parte de los estudiantes.

Con preguntas orientadoras se pide a los estudiantes que puedan explicar el comportamiento del sistema y allí se observa que varios estudiantes relacionan cada uno de los elementos del sistema con el comportamiento, tienen en cuenta condiciones específicas como la velocidad de entrada de agua al tanque, el área del tubo por donde sale el agua hacia la taza, la altura, el nivel del agua y la presión que

genera ésta en el flujo de salida de agua. Esto puede indicar que las explicaciones no solo se enfocan en describir un proceso sino en explicar su comportamiento dependiendo de ciertas condiciones.

También se observa en algunos estudiantes que en sus explicaciones hacen referencia tanto al comportamiento cuantitativo, por ejemplo los litros o mililitros del volumen de agua, como el comportamiento cualitativo, haciendo referencia al crecimiento o disminución en el volumen de agua.

Cuando se presenta el modelo del tanque del inodoro desarrollado por el grupo de investigación SIMON de la Universidad Industrial de Santander, los estudiantes juegan con el modelo, haciéndolo vaciar y llenar. Comportamiento que la mayoría de los estudiantes identifican.

### Cierre

Una vez realizada la etapa de simulación, se pide a los estudiantes que realicen la explicación del comportamiento del tanque del inodoro usando para ello el cuestionario modelos mentales (Apéndice B)

La sesión de trabajo finaliza con la entrega de la actividad por parte de los estudiantes.


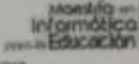
## Apéndice H. Administrador de documentos análisis categorial

Idem. #	Nombre	Tipo	Ubicación	Grupo	Citas	Creado por	Modificado por	Creado	
03 03	NOTAS DE PENSAMIENTO	Texto	Biblioteca		0	4	alberto	alberto	27/04
03 03	Modulo 4 Transcripción	Texto	Biblioteca		0	27	alberto	alberto	27/04
03 04	MODELO 4	Texto	Biblioteca		0	5	alberto	alberto	27/04
03 05	MODELO 3	Texto	Biblioteca		0	7	alberto	alberto	27/04
03 06	Modulo 3 Transcripción	Texto	Biblioteca		0	34	alberto	alberto	26/04
03 07	Modulo 2	Texto	Biblioteca		1	2	alberto	alberto	26/04
03 08	Modulo 2 Transcripción	Texto	Biblioteca		0	45	alberto	alberto	26/04
03 09	Modulo 1 Transcripción	Texto	Biblioteca		0	34	alberto	alberto	25/04
03 10	Juego entrada + salida transcripción	Texto	Biblioteca		0	13	alberto	alberto	26/04
03 11	Estadísticas al sistema Transcripción	Texto	Biblioteca		0	18	alberto	alberto	26/04
03 12	Entrevista E-1	Texto	Biblioteca		0	14	alberto	alberto	27/04
03 13	Entrevista E-2	Texto	Biblioteca		0	14	alberto	alberto	27/04
03 14	Entrevista E-3	Texto	Biblioteca		0	12	alberto	alberto	27/04
03 15	Entrevista E-4	Texto	Biblioteca		0	15	alberto	alberto	26/04
03 16	Entrevista E-5	Texto	Biblioteca		0	9	alberto	alberto	26/04
03 17	MODELO 1	Texto	Biblioteca		1	2	alberto	alberto	26/04
03 18	Modelos mentales	Texto	Biblioteca		1	3	alberto	alberto	26/04
03 19	Modelos Mentales Iniciales Iniciales	Texto	Biblioteca		1	3	alberto	alberto	26/04
03 20	Diario de Campo Estadísticas al...	Texto	Biblioteca		1	2	alberto	alberto	26/04
03 21	Diario de Campo Modelos mentales	Texto	Biblioteca		0	6	alberto	alberto	26/04
03 22	Diario Juego de Entrada Salida	Texto	Biblioteca		1	1	alberto	alberto	26/04
03 23	Diario modelo del inodoro	Texto	Biblioteca		1	2	alberto	alberto	26/04
03 24	Diario modelo lavado de recipientes	Texto	Biblioteca		1	1	alberto	alberto	26/04
03 25	Diario modelo lavado de un reci...	Texto	Biblioteca		1	1	alberto	alberto	26/04
03 26	Diario de campo Modelo de lera...	Texto	Biblioteca		1	1	alberto	alberto	26/04

## Apéndice I. Códigos de segundo nivel con los documentos de análisis.

	p:2	p:3	p:4	p:5	p:6	p:7	p:8	p:9	p:10	p:11	p:12	p:13	p:14	p:15	p:16	p:17	p:18	p:19	p:20	p:21	p:22	p:23	p:24	p:25	p:26	Totales		
Actividades de experimentación	4	2	2		9		24	11	4	14	2	2	1	5	3		2	3								1	89	
Aprendizaje significativo de los sis...	4	2	2		9		24	11	4	14	2	2	1	5	3		2	3									1	89
Comportamiento simulado		6	5		8		8	12	3					1														43
Estrategias didácticas										8	7	8	6	3					1					1				32
Explicaciones del sistema	4	2	2		9		24	11	4	14	2	2	1	5	3		2	3									1	89
Interpretación de los modelos		7			6		12	3		1							1					1						31
Mediación tecnológica										4	5	4	4	3										1				21
Modelos mentales del sistema	4	2	2		9		24	11	4	14	2	2	1	5	3		2	3									1	89
Pensamiento causal				7	5		2	3		2																		19
Pensamiento dinámico		3	1	7	7		2	8	6	2						2												38
Pensamiento operacional		1		7	8	2	7	5		2																		32
Rol del docente		3			3		2	1		1			1	2						1		1	1	1				16
<b>Totales</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>129</b>	<b>76</b>	<b>25</b>	<b>64</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>588</b>		

**Apéndice J. Modelo de consentimiento informado para padres de familia o acudientes**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO – UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**EXPERIENCIA EDUCATIVA EN EL MARCO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO: PROPUESTA PARA FORTALECER EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO EN ESTUDIANTES DE GRADO SÉPTIMO DESDE UN ENFOQUE DINÁMICO SISTEMÁTICO MEDIADO POR TIC**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Con base en lo establecido en el Código Civil Colombiano en su artículo 286, el artículo 24 del Decreto 2820 de 1974 y la Ley de Infancia y Adolescencia, por lo cual se garantiza la prevalencia de derechos a niños, niñas y adolescentes, usted deberá conocer acerca de esta investigación y aceptar la participación de su hijo (a) en ella y lo considera conveniente. Por favor lea con cuidado.

- 1. El objetivo y la justificación de la investigación**

Su hijo(a) integra un grupo escolar que, de acuerdo a un diagnóstico previo realizado, se considera pertinente para promover y orientar los procesos de formación y aprendizaje. Ante ello, el docente **Carlos Mauricio Molina Carda** de la asignatura **Tecnología e informática**, a partir del diagnóstico señalado, implementará una secuencia didáctica, que favorece a los estudiantes del grado 7º de la institución educativa **"Henry Dantón"** entender su papel como ciudadanos colombianos y del mundo que aporta al desarrollo de habilidades de pensamiento. En consecuencia, esta investigación servirá de referente para apoyar la transformación de las prácticas pedagógicas del aula beneficiando a los estudiantes y a la sociedad en general.
- 2. Los procedimientos y propósitos**

Usted acepta la participación de su hijo(a) tanto en cuenta que podrá ser filmado, grabado y fotografiado durante el desarrollo de la investigación cuando: i) Se aplique el diagnóstico inicial, el cual permitirá identificar el nivel de desarrollo de habilidades de pensamiento; ii) La implementación de la secuencia didáctica que posibilitará la cohesión de información respecto a la pertinencia de la misma incluyendo lo que estos escritos y iii) La consolidación de los resultados que arrojará datos sobre los logros alcanzados en la experiencia escolar.
- 3. Molestias o riesgos esperados**

Debido a que su hijo(a) participará en esta investigación, en ocasiones podrá sentirse incómodo con los registros de video, audio o fotográficos situaciones que se podrá ir superando con la colaboración del docente durante el desarrollo de la actividad escolar; además, el docente seguirá motivando al estudiante para que encuentre en este ejercicio académico la oportunidad de potenciar sus competencias básicas.
- 4. Los beneficios**

El estudio y sus resultados posibilitarán no sólo el desarrollo de competencias básicas del estudiante sino apoyarán a la transformación de las prácticas pedagógicas en la asignatura de **Tecnología e informática**, lo cual representará un aporte para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje llevados a cabo en la institución educativa.
- 5. La garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda**

Usted puede preguntar personalmente o por escrito hasta su complacencia todo lo relacionado con el estudio y la participación de su hijo(a) en él.
- 6. Libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento y que su hijo(a) deje de participar en el estudio**

Es importante que tenga claro que su hijo(a) participe de manera voluntaria en el estudio y si usted lo considera pertinente puede retirarlo del mismo sin ninguna afectación a su rendimiento académico.

**7. Privacidad y anonimato**  
El nombre de su hijo(a) no será revelado en el estudio y se manejará una codificación para cada participante que garantice la confidencialidad de la información. Además, los datos obtenidos mediante el estudio serán utilizados en escenarios académicos y con fines únicamente investigativos.

**8. El compromiso de proporcionarle información actualizada obtenida durante el estudio, aunque esta pudiera afectar la voluntad de su hijo(a) para seguir participando.**  
En caso de que se presenten situaciones adversas que amenacen los derechos de su hijo(a) será informado oportunamente, aunque esto signifique que sea retirado del estudio.

**9. Autorización para el uso de imágenes, audios y videos obtenidos en este estudio**  
Como se mencionó anteriormente los videos, audios, y fotografías podrán ser utilizados en páginas web administradas por las instituciones mencionadas, como apoyo para conferencias, ponencias, talleres y publicaciones en libros y otros textos académicos derivados del proyecto de investigación.

**10. Contacto del investigador**  
Si tiene alguna inquietud relacionada con la participación de su hijo en el proyecto de investigación, se puede comunicar al siguiente número de celular y de WhatsApp: **3143601755**.

(Marque con una X si autoriza o no autoriza y firme en caso de autorizar)

Autoriza:  No:

Firma del representante legal del estudiante

**11. Aceptación**  
Con fecha 28/11/2023 habiendo comprendido lo anterior usted acepta que su hijo participe en el estudio que se realizará en el marco del proyecto titulado "PROPUESTA PARA FORTALECER EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO EN ESTUDIANTES DE GRADO SÉPTIMO DESDE UN ENFOQUE DINÁMICO SISTÉMICO MEDIADO POR TIC".

Firma del estudiante

Nombre del representante legal del estudiante

Firma

Datos del docente ejecutor de la experiencia educativa con quien se podrá comunicar:

Celular: 3143601755    WhatsApp: 3143601755    Colegio: Sala de sistemas, sede bachillerato

## Apéndice K. Transcripción grabación sesión prototipo dos.

### Modelo 2 – vaciado de un recipiente

Transcripción

*Sesión anterior*

00:00:36 Orador 2

*En la sesión anterior, más bien trabajamos un modelo que era sobre ¿qué? ¿Quién me recuerda sobre que era el modelo que trabajamos en la clase anterior?*

00:00:55 E22

*El flujo del agua.*

00:01:01 E24

*El nivel del agua.*

00:01:06 E20

*Llenar el vaso*

00:02:52 17

*Saberes previos*

*¿Qué elementos intervienen y cómo se relacionan en el comportamiento del vaciado de una botella que contiene agua?*

00:03:21 E23

*Los grados para levantar una botella.*

00:03:43 E24

*la gravedad*

00:03:57 E17

*El estado de la botella, porque si está dañada se puede salir el agua.*

00:04:07 Orador 2

*Ah bueno, muy bien, depende por donde se vaya a desocupar. ¿Es lo mismo que se desocupe por la parte superior a que se desocupe por un lado?*

00:04:16 Grupo

*No*

00:04:19 E14

*El espacio que tenga la botella (orificio de salida)*

*Experimento*

....

*Reflexión del experimento*

00:10:52 Orador 2

*¿El flujo de salida del agua fue constante o cambio durante el experimento?*

00:11:09 E12

*cambio por la diferente presión del agua cuando ya se iba acabando, ya ... menos presión*

00:11:21 D

*¿Qué pasó con la distancia de los chorros?*

*00:11:26 E12*

*Iba disminuyendo.*

*00:11:28 D*

*Disminuía en la medida en que ¿qué?*

*00:11:31 E12*

*se acercaba a la mesa*

*00:11:35 D*

*¿...Cómo era la distancia que alcanzaba el chorro?*

*00:11:40 E12*

*Era muy poca*

*00:11:47 D*

*Y cuando ya estaba a punto de llegar al orificio, el nivel del agua, ¿qué pasaba con la distancia?*

*00:11:51 Orador 2*

*Iba bajando cada vez.*

*00:11:55 E24*

*Cambio, porque el nivel del agua bajó y los chorros ya no tenían la misma presión.*

*00:12:01 Orador 24*

*Los chorros ya no tienen la misma presión.*

*00:12:02 E14*

*El tiempo iba bajando más ya lo que a lo que va quitamos las 3 cintas y vamos quitando las cintas en bajaba más rápido, entonces iba a ir disminuyendo el tiempo.*

*00:12:36 D*

*¿en qué casos se vació la botella más rápido? y tengan en cuenta los tiempos que tomaron*

*00:12:45 E25*

*con 3 orificios*

*00:13:04 D*

*¿Cuánto se demoró con 3 orificios?*

*00:13:06 E25*

*Un minuto y 10 segundos*

00:13:08 D

*Con dos ¿cuánto se demoró?*

00:13:11 E25

*un minuto con 50 segundos*

00:13:15 D

*¿Y con 1 orificio?*

00:13:16 E25

*Dos minutos 20*

00:13:23 E14

*Se vacía más rápido con tres orificios, ya que con tres el agua...porque con tres huecos va a salir mucha más agua.*

00:13:37 E16

*Disminuyó más rápido en la tercera y el tiempo fue un minuto y 29 segundos.*

00:13:47 E17

*Se vació más rápido cuando tenía los 3 orificios, porque había más lados por donde desocuparse y duró un minuto y 20 segundos.*

00:15:07 E9

*Mire que si los huecos fueran más grandes y con uno solo se podría vaciar más rápido que con los tres chiquiticos.*

00:15:14 D

*¿por qué consideras eso?*

00:15:16 E9

*Porque si el hueco es más grande sale mayor cantidad agua por menos tiempo*

00:15:33 E9

*¿La distancia que alcanza el flujo de salida es la misma o cambia?, ¿por qué?*

00:15:57 E28

*el primero*

00:15:57 D

*El segundo, ¿qué tanta distancia alcanzaba?*

00:16:06 E28

*Como la mitad de ese.*

00:16:08 D

*Y el tercero, el de la parte superior de la botella.*

00:16:12 E28

*menos de la mitad*

00:16:34 E9

*Yo digo que pues el de abajo botaba más agua y cada vez que disminuía más el nivel del agua, se hacía más pequeño el chorro por lo que ya no bajaba tanta presión del agua, porque ya había menos peso entonces salía con menos velocidad y al tener menos velocidad llega más cerquita.*

*Trabajo con el modelo*

*Diagrama de influencias*

00:17:53 D

*¿Qué elementos intervienen en el vaciado de una botella?*

00:18:14 E7

*Primero hay que tener una, pues la cantidad de agua que debe traer la botella, después el flujo de la salida del agua y la velocidad casi lo mismo y la área de la boquilla...por del hueco donde sale el agua, la velocidad y la altura por dónde sale.*

00:18:31 D

*¿En qué influye la altura con respecto a la velocidad que hay una flecha, en qué crees que influye la altura, pero respecto a esa velocidad?*

00:18:41 E7

*Porque entre más altura sale, es más velocidad y entre menos altura es menos velocidad.*

00:19:01 E9

*El área de la base es como lo ha hecho de la botella es... La altura es como la altura a la que está el nivel del agua... Esto la cantidad de agua de la botella... si está a la mitad o está entera. La velocidad de salida es como tiene que ver con la altura y la cantidad de agua.*

00:19:22 D

*¿Y por qué tiene que ver con la altura y la cantidad de agua?*

00:19:25 E9

*Si es alta entonces, como que bajaría con más más presión y saldría con más velocidad, pero si está a mitad no sale con tanta velocidad... para que salga con arta velocidad tiene que estar alta y estar llena.*

*El flujo de salida del agua, son, como los roticos que tienen y por dónde sale y el área del tubo es lo grande del hueco por donde sale el agua.*

00:19:54 E23

*El área base es lo ancho que es la botella, la altura, la altura del agua, como es de alto la botella, cantidad de agua si está al 50% está al 100%. El flujo de salida del agua, depende que hueco sea, sea grande o chiquito. Área del tubo que anchura tiene el hueco, velocidad de salida que es a que presión está, si está con presión o sin presión.*

*00:21:09 D*

*¿Qué pasa con la velocidad si hay mayor altura que pasa con la velocidad?*

*00:21:28 Grupo*

*Va más rápido*

*00:21:3 D*

*¿y si la altura disminuye, qué pasa con la velocidad?*

*00:21:35 E17*

*Va más lento*

*00:21:38 E24*

*Y no va a tener la misma presión.*

*00:21:57 D*

*¿Ahora si nosotros hacemos un orificio de mayor tamaño que pasará?*

*00:22:29 E9*

*Se demorara menos en vaciar la botella*

*Modelo*

*00:24:33 D*

*Ahora el diagrama de flujo niveles, entonces tenemos cantidad de agua en la botella. ¿Cuánto hay en la botella?*

*00:24:45 E7*

*2500 cm<sup>3</sup> o ml*

*00:24:51 D*

*¿Cuánto son 2500 ml en litros?*

*00:24:55 E24*

*2 litros y medio*

*00:25:14 D*

*¿De qué depende la altura del agua?*

*00:25:21 E17*

*La cantidad de agua en la botella y el área base*

00:25:42 D

*El área base ¿cuánto es?*

00:25:42 E7

63.6 cm<sup>2</sup>.

00:27:25 D

*Entonces pregunta, ¿de qué pende la velocidad de salida del agua?*

00:27:42 E22

*De la gravedad y la altura*

00:28:09 D

*¿Cuánto es el área de salida del tubo?*

00:28:16 E17

0.635 cm<sup>2</sup>.

00:28:37 D

*Y por último tenemos el flujo de salida, ¿de qué depende el flujo de salida?*

00:28:50 E9

*Multiplico la velocidad y por la área del tubo*

00:29:01 D

*¿Y, qué pasa si no modificó la velocidad si no modifico es el área del tubo?.*

00:29:07 E9

*De todas maneras más rápido.*

*Simulación*

00:29:47 D

*Que significa en la línea de color rojo.*

00:29:53 E17

*Como iba bajando el agua.*

00:30:03 D

*¿Qué pasa con el nivel del agua?*

00:30:08 E5

*disminuye*

00:30:11 E24

*Va bajando en el tiempo*

00:30:18 D

*¿Empieza en cuánto?*

00:30:18 E9

*En 2500*

00:30:28 D

*¿y termina en cuánto?*

00:30:32 E9

*En cero.*

00:30:32 D

*¿Cuánto tiempo se tardó ahí?*

00:30:33 E24

*24 segundos*

00:31:02 D

*Primero modifiquemos el orificio por donde sale el agua, o sea el área del tubo.*

00:32:26 D

*¿En cuánto nos cambió aquí el tiempo, cuánto estaba antes y qué pasó ahora?*

00:32:35 E9

*Bajó a 22*

00:32:38 D

*¿Por qué bajó el tiempo..?*

00:32:40 E23

*Por qué se ancho más el hueco de la botella.*

00:32:49 D

*¿Qué pasó con el flujo de nivel?*

00:32:49 E24

*El flujo de salida aumentó*

*Vista dos de la gráfica*

00:33:02 E9

*La velocidad aumentó*

00:33:12 D

*¿La altura se modificó ahí?*

00:33:20 D

*¿Será que se modificó?*

00:33:21 E9

*No está igual.*

00:33:31 D

*Vamos a modificar ahora la cantidad de agua que hay en la botella.*

00:33:40 D

*¿Qué pasa si le colocamos mayor cantidad de agua, qué pasaría?*

00:33:47 E17

*Si se demoraría más.*

*Modificamos el nivel del agua (cantidad de agua)*

*miremos la vista número uno.*

00:34:24 D

*¿Qué pasó? ¿Qué pasó con el tiempo?*

00:34:35 E23

*El tiempo o segundos se alargó más.*

00:35:36 D

*¿Qué podemos decir cuando aumentamos la cantidad de agua dentro de la botella que podemos decir con el tiempo?*

00:35:49 E23

*Que se alarga más.*

00:35:50 E22

*Se demora más.*

00:35:50 E9

*Es que cuando estaba en 2 Litros y medio se demoró y con el grosor del área del tubo se demoró 24, y cómo le aumentamos el grosor del área del tubo y le aumentamos medio litro más, se está demorando lo mismo.*

00:36:06 D

*¿Por qué será que pasa eso?*

00:36:12 E9

*Porque se le aumentó la cantidad agua y también se le aumentó el área del tubo*

00:36:18 E17

*Depende que tan grande sea el área del tubo.*

*Se modifica el área base, se disminuye el área base.*

00:37:13 Orador 2

*¿Pero qué pasa con el tiempo?*

00:37:26 E9

*El tiempo de vaciado de la botella disminuyó 4 segundos.*

00:37:36 D

*¿Entonces, qué pasa cuando nosotros aumentamos la altura de la botella, cierto?, pero tenemos la misma cantidad de agua, ¿qué hace la altura con respecto al tiempo de vaciado?*

00:37:49 E9

*Tenga más presión de salida.*

00:37:51 D

*¿y eso hace que qué?.*

00:37:53 E9

*Que salga con la velocidad.*

00:37:55 E9

*Se vacía más rápido*

*Cambiamos el área del tubo de salida*

00:39:56 D

*Hora que pasa que llevamos 24 segundos, ¿qué ha pasado con la botella, ya se vació?*

00:40:06 E7

*No se ha vaciado, quedan 800 ml y en vez de durar 22 segundos, ahora dura 25 segundos y no ha terminado, le faltan 200 ml.*

00:40:26 D

*¿Qué fue lo que hicimos?*

00:40:26 E7

*Cambiar el área del tubo.*

00:40:28 D

*¿Qué pasa cuando disminuyo el área del tubo?*

*00:40:32 E7*

*cae menos agua*

*00:40:35 D*

*¿Y, por ende, qué va a pasar con el tiempo de vaciado?*

*00:40:38 E7*

*Se aumenta*

*Preguntas del modelo*

*00:41:11 D*

*¿Qué pasa con la cantidad de agua en la botella, si el orificio es más grande?*

*00:41:18 Orador 3*

*El más rápido.*

*00:41:22 E23*

*...Si se agranda el área del orificio, se sale más cantidad de agua y sale más presión.*

*00:41:43 Orador 2*

*¿Y, por ende, qué pasa con el tiempo?*

*00:41:45 E23*

*Disminuye más y tendría menos tiempo y se caería más rápido*

*00:41:59 E17*

*Que se desocupa más rápido porque tiene un orificio más grande por donde sale más cantidad de agua.*

*00:42:09 E3*

*Pues lo que pasaría es que si nosotros hiciéramos el hueco más grande, pues la cantidad de agua saldría más rápida.*

*00:42:22 D*

*¿Y eso haría que qué?*

*00:42:26 E3*

*El tiempo disminuyera.*

*00:42:31 E14*

*Pues varía haría que al abrir un hueco más grande, sale con más presión y sale más agua y eso hace que el tiempo disminuya.*

00:42:47 Orador 2

*Pero la pregunta es, ¿la presión depende del orificio?*

00:42:55 E9

*la presión no*

00:42:56 D

*¿Entonces de qué depende la presión?*

00:42:56 E9

*De la altura y la cantidad de agua.*

00:43:08 D

*¿Qué pasaría con el flujo de salida del agua si la botella está a medio llenar?*

00:43:46 E10

*Tendría menos velocidad al salir el chorro.*

00:43:48 D

*¿Por qué dices que habría menos velocidad?*

00:43:55 E10

*Porque está a la mitad de la botella y tendría menos fuerza para salir.*

00:44:04 E7

*Pues cambiar la velocidad porque cuando hay menos agua, no hay más gravedad para que haga fuerza y salga un chorro más rápido, entonces baja velocidad y baja la altura...*

00:44:25 D

*¿La gravedad cambia o es un valor fijo?*

00:44:38 E7

*Ah no cambia, lo que cambia es la fuerza.*

00:44:45 E17

*El flujo de salida del agua disminuye, porque hay menos agua en la botella y no hay tanta agua, que la gravedad empuje para abajo.*

00:45:05 23

*El flujo de salida del agua dependería de cuando la botella está medio llena. Esto dependería de a qué altura está el hueco, porque si está alto no se va a poder salir el agua y si está bajo tiene bastante presión para que salga el agua más rápido.*

00:45:22 D

*Y si está cerca la mitad el orificio, ¿qué pasaría?*

00:45:25 E23

*Pasaría que solamente se daría, se sacaría la mitad del agua y la otra mitad queda dentro de la botella.*

00:45:37 E9

*Como la cantidad de agua va a ser menos, o sea, va a ser hacia la mitad va a haber menos peso y como hay menos peso de agua, sale con menos velocidad, porque no tiene tanta presión, entonces sin presión no hay casi velocidad, entonces saldría con la con la mitad de velocidad, porque que hay mitad de presión, entonces como la velocidad o depende de la presión...*

00:46:02 D

*¿Qué pasa si la velocidad disminuye? ¿Qué tanta agua va a salir?*

00:46:06 E9

*Va a salir menos agua.*

00:46:11 E9

*Pues se podría demorar casi lo mismo por lo que no está completamente llena.*

00:46:20 E13

*Se demoraría menos, porque no hay tanta agua para que no se demore tanto. Porque está solo a la mitad*

00:46:39 D

*¿qué pasaría con el flujo de salida si el volumen de la botella aumenta a 5000 ml?*

00:48:07 E9

*Tiene más presión porque la botella está... se le aumentó a 5L tiene más agua, por lo tanto tiene más peso... y saldría con más presión.*

00:48:59 E14

*Porque hay más peso de agua.*

*Ejemplo de sistema:*

*Alimento a mayor temperatura que la temperatura ambiente*